

# L'igname, plante séculaire et culture d'avenir

*Julien BERTHAUD,  
Nicolas BRICAS,  
Jean-Leu MARCHAND*



*Actes du séminaire international  
3-6 juin 1997  
Montpellier, France*

CIRAD INRA ORSTOM CORAF

## Organisation du séminaire



**CIRAD**  
Centre de coopération internationale en recherche  
agronomique pour le développement  
42, rue Scheffer, 75116 Paris, France



**ORSTOM**  
Institut français de recherche scientifique  
pour le développement en coopération  
213, rue Lafayette, 75480 Paris Cedex 10, France



**CORAF**  
Conférence des responsables de recherche  
agronomique en Afrique de l'Ouest et du Centre  
BP 8237, Dakar Yoff, Sénégal



**INRA**  
Institut national de la recherche agronomique  
16, rue Claude Bernard  
75231 Paris Cedex 05, France

## Réalisé avec le concours de



Ministère français de la coopération  
20, rue Monsieur, 75700 Paris, France



REGION LANGUEDOC-ROUSSILLON  
20, rue de la République, 34000 Montpellier



**CTA**  
Centre technique de coopération agricole et rurale  
Agrobusiness Park 2, Postdef 380  
6700 AJ Wageningen, Pays-Bas



COMMISSION EUROPEENNE  
Direction générale XII  
75, rue Montoyer, B-1040 Bruxelles, Belgique



**FAO**  
Food and Agriculture Organization  
of the United Nations  
Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie



**AGROPOLIS**  
Avenue d'Agropolis  
34394 Montpellier Cedex 5, France

## Illustrations de couverture

AMON AYA, Centre national de floristique, Abidjan, Côte d'Ivoire

© CIRAD 1998

Diffusion : La librairie du CIRAD  
BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

ISBN 2-87614-313-5

# L'igname, plante séculaire et culture d'avenir

## *Yam, old plant and crop for the future*

Julien BERTHAUD, Nicolas BRICAS, Jean-Leu MARCHAND

éditeurs

**Actes du séminaire international**

3-6 juin 1997, Montpellier, France

J. BERTHAUD, N. BRICAS, J.-L. MARCHAND (éditeurs), 1998 . L'igname, plante séculaire et culture d'avenir  
Actes du séminaire international Cirad-Inra-Orstom-Coraf, 3-6 juin 1997, Montpellier, France

#### **Comité d'organisation du séminaire**

Cirad  
Orstom  
Coraf

#### **Editeurs**

Julien BERTHAUD, Orstom  
Nicolas BRICAS, Cirad  
Jean-Leu MARCHAND, Cirad

#### **Remerciements**

Ce séminaire a pu se tenir grâce au soutien financier des organismes suivants :

Ministère de la coopération

Union européenne - Direction générale DGXII

FAO - Groupe des cultures horticoles

CTA

Région Languedoc-Roussillon

Cirad

Orstom

Inra

Agropolis International a mis gracieusement son équipe technique  
et son amphithéâtre à la disposition des organisateurs.

Un remerciement particulier aux secrétaires, dont l'efficacité, la disponibilité  
et la gentillesse ont grandement contribué au succès du séminaire,  
et à l'équipe qui a assuré le travail éditorial de cet ouvrage.

© Cirad 1998

ISBN 2-87614-313-5

Edition et mise en pages Cirad-dist  
Impression Cirad



## Sommaire

Allocution d'ouverture	
M. ONANGA .....	7

### Présentation

A trend analysis of yam production, area, yield and trade (1961-1996)	
L.S. LEV, A.L. SHRIVER .....	11
La consommation alimentaire des ignames. Synthèse des connaissances et enjeux pour la recherche	
N. BRICAS, H. ATTAIE .....	21

### Session I I Les sociétés de l'igname

L'igname ( <i>Dioscorea</i> spp.) dans les sociétés des Amériques	
L. DEGRAS .....	33
L'igname en Nouvelle-Calédonie	
G. PAITA .....	45
L'igname dans les cérémonies politico-religieuses de l'aire culturelle akan	
C.H. PERROT .....	47
Evolution d'un agrosystème à ignames : l'exemple des Dorou du Nord-Cameroun	
C. SEIGNOBOS .....	51
Synthèse de la session I	
L. DEGRAS .....	59

### Session II I Le milieu

La sélection sanitaire de l'igname : intérêt et pratique	
R. ARNOLIN .....	63
L'igname dans l'agriculture traditionnelle ouest-africaine	
R. DUMONT .....	71

La mécanisation et la culture de l'igname : quel itinéraire technique pour l'avenir ?	
M. FARANT .....	77
Yam production in Nigeria	
G.C. ORKWOR .....	81
Seed yam production technology. The yam minisett technique	
G.C. ORKWOR .....	87
L'intensification des techniques de culture de l'igname. Acquis et contraintes	
P. VERNIER .....	93
Synthèse de la session II	
G.C. ORKWOR .....	103

### Session III I La plante

Genetic selection in food yams: a century of sporadic efforts	
M. O. AKORODA .....	107
Domestication des ignames en Afrique	
R. DUMONT .....	119
Les ressources génétiques de l'igname : caractérisation et classification	
P. HAMON, V. LEBOT .....	127
Conservation et échange de germoplasme chez les ignames ( <i>Dioscorea</i> sp.)	
B. MALAURIE, M.F. TROUSLOT, J. BERTHAUD .....	135
Progress towards the realisation of biotechnological tools for genetic improvement of <i>Dioscorea</i> spp.	
S.H. MANTELL, J. BOCCON-GIBOD .....	163
Stratégies de croissance et de défense anti-herbivore des ignames sauvages : leçons pour l'agronomie	
D. McKEY, B. DIGIUSTO, L. PASCAL, M. ELIAS, E. DOUNIAS .....	181
Reproduction sexuée de <i>Dioscorea alata</i> L. : avancées et interrogations	
F. PIERRE-GAMETTE .....	189
Les nématodes de l'igname	
P. QUENEHERVE .....	193
Les virus de l'igname : caractérisation immunologique et moléculaire du virus de la mosaïque de l'igname	
C. URBINO, M. BOUSALEM, A. PINEL, D. FARGETTE, J. DUBERN .....	205
Physiologie et morphogenèse de l'igname ( <i>Dioscorea</i> spp.)	
C. ZINSOU .....	213
Les maladies de l'igname ( <i>Dioscorea</i> spp.)	
G.P. ZOHOURI, A. DANSI .....	223
Biologie de la reproduction des ignames africaines	
J. ZOUNDJIEKPON .....	231
Sélection et évaluation préliminaire de clones d'igname pour une agriculture durable	
R.A. DOSSOU .....	241
Time, temperature and intercepted PAR influences on dry matter production of the greater yam ( <i>Dioscorea alata</i> L.)	
W. RODRIGUEZ M., D.E. LEIHNER .....	243

Growth rates and dry matter partitioning during different phenological growth stages of the greater yam ( <i>Dioscorea alata</i> L.)	
W. RODRIGUEZ M., D.E. LEIHNER .....	247
Seed rates and plant production effects on dry matter production and canopy dynamics of the greater yam ( <i>Dioscorea alata</i> L.)	
W. RODRIGUEZ M., D.E. LEIHNER .....	251
A fungal defense gene of <i>Dioscorea bulbifera</i> L. : its sequence, promotor and transcriptional regulation	
R. ROMPF, R. TERAUCHI, K. GUNTER .....	255
Bilan de plusieurs collectes de <i>Dioscorea abyssinica</i> et de <i>D. praehensilis</i> du Bénin et du Cameroun (1996-1997)	
S. TOSTAIN, O. DAINOU .....	257
Synthèse de la session III	
R. DUMONT .....	259

## Session IV I Le produit

Diversification des utilisations des ignames : usage pharmaceutique traditionnel	
L. AKE ASSI .....	263
Etat des connaissances et de la recherche sur la transformation et les utilisations alimentaires de l'igname	
H. ATTAIE, N. ZAKHIA, N. BRICAS .....	275
Quelques aspects actuels de la commercialisation de l'igname en Côte d'Ivoire	
S. DOUMBIA .....	285
Technologie après-récolte de l'igname : étude de l'amélioration du stockage traditionnel	
O. GIRARDIN, C. NINDJIN, Z. FARAH, D. OTOKORE .....	291
Valeur nutritionnelle des ignames	
S. TRECHE .....	305
Etude de la filière igname au Bénin (proposition de recherche)	
J. ADANGUIDI .....	333
Functional properties of pregelatinized yam ( <i>Dioscorea alata</i> ) starch.	
R.M.L. ALVES, M.V.E. GROSSMANN .....	337
Le développement de la filière cossettes d'igname pour l'approvisionnement des villes au Nigeria, au Bénin et au Togo	
E. ATEGBO, N. BRICAS, J. HOUNHOUIGAN, E. MITCHIKPE, K.E. NKPENU, G.C. ORKWOR, P. VERNIER .....	339
Preliminary assessment of the marketing systems for yam in Ghana	
R. BANCROFT, D. CRENTSIL, A. WESTBY .....	343
Yam processing: Cadbury Nigeria's experience	
T. BOGUNJOKO .....	347
Diagnostic des systèmes techniques de transformation de l'igname en cossettes séchées au Bénin	
D. J. HOUNHOUIGAN, N. AKISSOE, N. BRICAS, P. VERNIER .....	349
L'igname en république du Congo : l'expérience d'Agricongo en matière de valorisation	
C. MADEMBO .....	353
Influence de l'amélioration du stockage de l'igname sur les qualités organoleptiques	
C. NINDJIN, D. OTOKORE, O. GIRARDIN, P. ZOUNGRANA, Z. FARAH .....	359
Comparaison d'une technique améliorée de conservation de l'igname ( <i>Dioscorea cayenensis-rotundata</i> ) avec la technique traditionnelle en zone de savane humide au Togo	
K. E. N'KPENU .....	363

Budgets de cultures dans un bassin de production d'igname, le cas de Dikodougou, au nord de la Côte d'Ivoire	
I. J. STESENS	367
Synthèse de la session IV	
D. GRIFFON	369

## Session V I Les demandes des utilisateurs

Les problèmes de production et de transformation de l'igname	
M. ADEOSSI	375
La culture de l'igname	
B. BALOUGOUN	379
Le commerce de l'igname en Côte d'Ivoire	
T. OUATTARA	381
La fabrication du couscous d'igname au Burkina Faso	
M. D. TOE	385

## Session VI I Situation actuelle de la production et des recherches par pays

L'igname au Burkina Faso : situation et état des recherches	
J. BELEM	389
Les ignames de Guinée	
F. CAMARA, S. KOUROUMA	395
Recherche sur l'amélioration de la culture d'igname au Tchad	
L. MBAILO KEMDINGAO	397
L'igname au Congo	
S. MIATEO	399
L'igname au Cameroun : contraintes de production, acquis de la recherche et perspectives pour l'avenir	
J.M. NGEVE	401
Production constraints and available technologies for food yam <i>Dioscorea</i> spp. Production in Nigeria	
G.C. ORKWOR, A.A. ADENIJI	409
Yam research and production in Ghana	
J.A. OTOO, C. OSEI, A. ANTWI, I.K. ASANTE, A.Y. ALHASSAN, J.N.L. LAMPTEY, J. ADU-MENSAH, V. ANCHIRINAH, O.A. DANQUAH	415
L'igname au Brésil	
L. RIERA, M. PASCOLI CEREDA, G. CHUZEL, M. TULIO OSPINA, C.L. CALAZANS DE LIMA, A. DIAS SANTIAGO	417
La culture de l'igname au Mali	
H. SANOU	437

## Session VII I Comptes rendus des groupes de travail ..... 441

## Liste des participants ..... 449

# **E**n guise d'avant propos

## **Allocution du professeur Maurice ONANGA Président du comité de suivi de la Coraf**

Monsieur le secrétaire général d'Agropolis  
Messieurs les directeurs des centres Cirad et Orstom  
Mesdames et Messieurs,

A l'occasion de la cérémonie d'ouverture de ce séminaire international sur « L'igname, plante séculaire et culture d'avenir », co-organisé par la Coraf (Conférence des responsables de recherche agricole en Afrique de l'Ouest et du Centre) et ses partenaires scientifiques regroupés au sein du groupe dénommé Cio (Cirad-Inra-Orstom), j'aimerais d'abord féliciter tous ceux qui ont travaillé inlassablement à faire progresser ce projet jusqu'à l'étape actuelle, dont l'importance est reflétée par les objectifs connus de tous car ils sont bien décrits par le Comité d'organisation.

J'aimerais ensuite vous exprimer de vive voix le grand intérêt que les responsables de la Coraf accordent à l'aboutissement de ce projet, même si les présences simultanées du président du comité de suivi, du secrétaire exécutif et de certains coordonnateurs de réseau en constituent déjà une preuve suffisante. Les raisons de cet intérêt sont de plusieurs sortes.

- L'igname est une culture vivrière importante en Afrique de l'Ouest et du Centre qui aurait pu faire l'objet de la création de l'un de nos réseaux de première génération, réseau-produit, mais qui, paradoxalement, n'a pas fait l'objet d'autant de recherches approfondies et diversifiées que les cultures équivalentes. Ce séminaire nous permettra certainement de comprendre les raisons de ce semblant de désintérêt, lequel est heureusement en train d'être effacé depuis quelques années avec la création récente d'un réseau sur l'igname dans la sous-région.
- La démarche observée pour le montage progressif de ce futur grand projet correspond bien à la démarche ascendante de la Coraf en associant dès le départ le maximum d'institutions partenaires ; les contacts pris lors de la IX<sup>e</sup> réunion plénière de la Coraf, en mars 1996, à Brazzaville, et toutes les études menées depuis par les chercheurs en collaboration, en constituent une preuve. En effet, ce projet n'est pas de ceux que certaines institutions partenaires ou non de la sous-région concoctent seules en leur sein et nous présentent ensuite uniquement pour l'obtention d'un soi-disant label Coraf de plus en plus exigé par les bailleurs de fonds, compte tenu de la responsabilisation nouvelle de la Coraf et des autres organisations sous-régionales africaines dans la régionalisation de la recherche agricole.



- Ce projet — s'il aboutit avec toute l'ampleur que nous lui espérons — sera la première action d'importance que la Coraf aura réalisé en collaboration avec ses anciens membres associés, dans les nouvelles conditions résultant de l'évolution institutionnelle de la Coraf, dont on aurait pu craindre, à tort, un relâchement des liens de collaboration anciennement établis entre les équipes du Cio et celles des institutions membres de la Coraf.
- Enfin, l'association des utilisateurs des résultats de recherche à ce séminaire cadre avec les expériences que nous venons de vivre, en février et mars 1997, à l'occasion de la VIII<sup>e</sup> session plénière du Spaar, à Bamako, et de la X<sup>e</sup> réunion plénière de la Coraf, à N'Djamena, lesquelles ont convaincu les participants de recommander de devoir considérer désormais les utilisateurs des produits de recherche comme des partenaires incontournables.

Amis chercheurs et développeurs,

Notre présence parmi vous constitue certes un soutien moral et administratif motivant mais, malgré nos responsabilités administratives diverses, nous aimons souvent nous mettre à l'école du savoir des chercheurs et autres experts de diverses catégories.

Afin de hâter cet instant où la parole va être donnée à ceux dont l'importante tâche est de donner véritablement corps à notre entreprise, avant que nous n'en prenions le relais indispensable pour la négociation des financements des projets de recherche ou de recherche-développement, je vais devoir arrêter ici mon propos, tout en remerciant d'abord les différents contributeurs financiers à ce séminaire et enfin en souhaitant plein succès à ce séminaire international sur l'igname.

Je vous remercie.

# Introduction





# A trend analysis of yam production, area, yield, and trade (1961-1996)

L. S. LEV

Cirad-sar (Proamyl) BP 5035, 34032 Montpellier, France / Agricultural and Ressource Department,  
Oregon State University, USA

A. L. SHRIVER

Oregon State University, 213 Ballard ext. Hall, Oregon, USA

**Abstract** — The paper examines global yam trends regarding production, area, yield and trade data. The majority of data belongs to the FAO (Faostat) data bases. Simple trend analysis is conducted with 3 years moving averages, to show most significant yam trends. The discussion starts at the global level, after which continental, regional and individual country data are examined. Since 1961, global yam production has almost tripled by 1996. Most of this growth has taken place in Africa. However, growth in area represents almost three-fourth of the growth in production. Latin America and the Caribbean (LAC) represent only 2.4% of world yam production and shows the slowest growth. Asia-Oceania represents 1.5% of global yam production. According to FAO, international trade in yam represents only 0.2% of world production and has remained fairly static over time.

**Résumé** — Une analyse des tendances de la production d'igname : surfaces, rendements et échanges. Cet article passe en revue les tendances générales concernant la production, les surfaces, les rendements et le commerce international de l'igname. La majorité des données proviennent des bases de données Fao (Faostat). Une analyse est conduite à partir de moyennes glissantes calculées sur trois ans pour faire apparaître les tendances les plus significatives. La discussion porte d'abord sur des aspects globaux puis examine les données, continent par continent, région par région, pays par pays. Sur la période 1961-1996, la production mondiale d'igname a presque triplé. L'essentiel de cet accroissement tient, pour l'essentiel, à l'Afrique. Cependant, cet accroissement s'explique, pour les trois-quarts, par l'augmentation des surfaces. L'Amérique latine et les Caraïbes ne représentent que 2,4 % de la production mondiale avec le taux d'accroissement le plus lent. L'Asie et l'Océanie ne représentent que 1,5 % de la production globale d'igname. Selon la Fao, les échanges internationaux ne concerneraient que 0,2 % de la production globale et sont restés pratiquement constants au cours du temps.

On a quantity produced basis, yam ranks as the world's fourth most important root and tuber crop after potatoes, cassava, and sweet potatoes. This paper provides a trend analysis of yam production, area, yield and trade statistics for the period 1961-1996. Lack of data prevented the consideration of levels and trends for yam processing and commercialization. The analysis is conducted at the world, region and individual country levels. While the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) reports production statistics for 53 countries, the country-level data presented here are limited to the 36 countries producing more than an average of 5 000 metric tons (Mt) for the period 1994-1996. The 17 countries not included in this analysis produced an average annual total of 21 000 Mt or 0.06% of world yam production.

Trend analyses are conducted not merely to describe what has happened but also on the assumption that an understanding of the past can provide insights as to what will happen in the future. Beyond the normal cautions about extrapolating forward, it is necessary to highlight the great deal of uncertainty that surrounds the accuracy of yam production data. All data provided in this report were taken from the FAO FAOSTAT database (consulted electronically in December 1996) and no attempt was made to reconcile this data with national data in the producing countries. Even the FAO data have been extensively revised over time. For example, while the FAO database in 1990 estimated average annual Nigerian production for the period 1979-1981 at 17 Mt (DEGRAS,

1993), the current database has reduced that 1979-1981 estimate to 5.2 Mt or only 31% of the earlier figure. As a result the trend analyses provides here differs markedly from the analyses conducted with earlier data sets (GEBREMESKEL *et al.*, 1987; DOROSH, 1988; DEGRAS, 1993; ONWUEME *et al.*, 1994).

Trend analysis based upon annual data can be heavily influenced by the year to year variability in yields and acreage. To reduce this "base year problem", three year averages were constructed and used for all of the data analysis. Furthermore, the calculations of Annual Growth Rates (AGR) were based on a period extending from the middle year of the first to the middle year of the last three year periods (1962 and 1995 respectively) and thus the entire period was treated as being 33 years (rather than 35 years) in length. To examine changing growth patterns over time, two sub-periods were defined: 1962-1980 and 1980-1995.

## World

World yam production (tables I-IV) increased from less than 9 Mt in 1961-63 to almost 33 Mt in 1994-1996 for total growth of 277% (figure 1). This record of growth exceeded that of other major staple crops in developing countries for this period: maize (261%), potatoes (242%) rice (152%), wheat (148%), cassava (117%), sweet potatoes (39%)<sup>(1)</sup>. The growth in yam production represents an AGR of 4.1% for the entire 33 year period with annual growth rate in the sub-second period being more than double the growth rate in the first period.

Most of the growth resulted from a 3% AGR in acreage while yields increased at the substantially slower annual rate of 1.1%. Both area (5.0% vs. 1.3%) and yield (2.1% vs. 0.3%) increased much more quickly in the second subperiod than in the first.

Looking at the individual country data<sup>(2)</sup>, 28 countries increased yam production for the period 1961-1996 while 8 decreased production. Sudan at #15 in the world was the largest producer to decrease production. Area in yam production increased for 26 countries and decreased for 10 countries. The largest yam producing country to decrease acreage was Cameroon at #18. Finally yields were up for 22 countries and declined for 14 countries. Togo, the #5 producing country for 1994-1996 was by far the largest

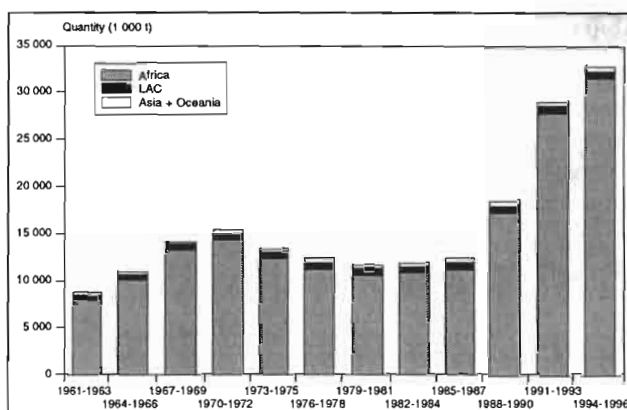


Figure 1. Yam production by region, three year average (1 000 Mt).

yam producer to have lower yields at the end of the reporting period than at the beginning.

BRICAS (1997) classified yam consuming countries into five categories based on per capita food availability over the period 1961-1994 (table V):

- category 1: annual per capita consumption exceeded 40 kg per capita in 1989-1994;
- category 2: annual per capita consumption between 20 and 40 kg/per capita in 1989-1994;
- category 3: consumption in the 1960s or 1970s exceeded 15 kg /per capita but fell to less than 12 kg per capita by 1989;
- category 4: consumption between 5 and 15 kg per capita since 1961;
- category 5: per capita consumption below 5 kg.

The role of yam is most important in category 1 countries and declines for each subsequent category. It is instructive to overlay his categories on the data provided here on changes in production, acreage and yield(3).

This analysis demonstrates that the production performance was stronger in those countries where yam is and has been an important part of the diet (categories 1 and 2). All 14 countries in these two categories had higher production and area at the end of the period and 11 of the 14 had higher yields. The performance was more mixed for categories 3, 4, and 5 countries. Of the 22 countries in these categories, 7 had decreased production, 7 had smaller area and 11 had decreased yields.

## Africa

As illustrated in figures 1-3, yam was primarily an African crop at the beginning of the period, and this tendency became even more pronounced by the

(1). Calculated from FAOSTAT data.

(2). Countries are ranked (and tables VI-IX are presented) in order of 1994-1996 average production.

(3). Tonga and Puerto Rico are not included in BRICAS' analyses and are not classified here.



**Table I.** Yam production by region (1 000 Mt), three year averages.

	1961- 1963	1964- 1966	1967- 1969	1970- 1972	1973- 1975	1976- 1978	1979- 1981	1982- 1984	1985- 1987	1988- 1990	1991- 1993	1994- 1996
Africa	7 916	10 162	13 290	14 416	12 388	11 243	10 476	10 744	11 060	17 266	27 639	31 396
Latin America + Caribbean	493	537	570	581	608	693	694	661	729	715	787	800
Asia + Oceania	269	289	307	345	367	401	407	417	447	477	486	500
World	8 679	10 990	14 169	15 344	13 365	12 340	11 580	11 825	12 238	18 459	28 913	32 697

Source: FAOSTAT Database, December 1996.

**Table II.** Yam area by region (1 000 ha), three year averages.

	1961- 1963	1964- 1966	1967- 1969	1970- 1972	1973- 1975	1976- 1978	1979- 1981	1982- 1984	1985- 1987	1988- 1990	1991- 1993	1994- 1996
Africa	1 096	1 278	1 596	1 839	1 490	1 299	1 382	1 685	1 653	1 980	2 657	3 009
Latin America + Caribbean	68	74	78	78	80	91	96	99	101	98	98	96
Asia + Oceania	23	23	24	26	26	31	32	32	32	32	32	34
World	1 188	1 374	1 699	1 944	1 597	1 420	1 511	1 816	1 786	2 111	2 788	3 138

Source: FAOSTAT Database, December 1996.

**Table III.** Yam yield by region (kg/ha), three year averages.

	1961- 1963	1964- 1966	1967- 1969	1970- 1972	1973- 1975	1976- 1978	1979- 1981	1982- 1984	1985- 1987	1988- 1990	1991- 1993	1994- 1996
Africa	7 219	7 954	8 324	7 838	8 311	8 657	7 579	6 377	6 692	8 719	10 402	10 435
Latin America + Caribbean	7 202	7 289	7 353	7 442	7 561	7 645	7 244	6 704	7 240	7 261	8 004	8 367
Oceania	14 093	14 099	13 567	14 190	15 130	15 091	15 073	15 193	15 149	15 733	15 990	15 561
Asia	8 834	10 980	11 201	11 852	12 581	11 098	10 133	10 667	12 705	13 417	13 828	13 950
World	7 305	7 998	8 341	7 894	8 367	8 688	7 665	6 513	6 854	8 743	10 371	10 419

Source: FAOSTAT Database, December 1996.

**Table IV.** Growth rates (%) of yam production area, and yield by region (%).

Region	Production				Area				Yield			
	Total growth	Annual growth rate			Total growth	Annual growth rate			Total growth	Annual growth rate		
	1962- 1995	1962- 1995	1962- 1980	1980- 1995	1962- 1995	1962- 1995	1962- 1980	1980- 1995	1962- 1995	1962- 1995	1962- 1980	1980- 1995
Africa	296.6	4.3	1.9	6.3	174.4	3.1	1.3	5.3	44.5	1.1	0.3	2.2
Latin America + Caribbean	62.1	1.5	2.3	0.8	39.5	1.0	1.9	0.0	16.2	0.5	0.0	1.0
Asia + Oceania <sup>(1)</sup>	86.3	1.9	2.8	1.2	46.8	1.2	1.9	0.3				
Oceania									10.4	0.3	0.4	0.2
Asia									57.9	1.4	0.8	0.2
World	276.7	4.1	1.91	5.9	164.1	3.0	1.3	5.0	42.6	1.1	0.3	2.1

(1). Asia and Oceania are combined for production and area, but separate for yield.  
Source: calculated from FAOSTAT data, December 1996.

end. Of the 24 Mt increase in world production over the 33 years reference period, 23.48 Mt or 98% of the increase came from African production (Tables I-IX). African production increased by 297% for an AGR of 4.3%. This can be broken down into an AGR of 1.9% for the first sub-period and a tripling of that AGR to 6.3% for the second sub-period. Growth in area, up 3.1% on an annualized average basis, represented almost three fourths of the growth in production. The annual growth rate of yields was considerably slower at 1.1%. Figure 4 shows the average African yield to be greater than the LAC yield but less than Oceania or Asian yields. For Africa, both area

and yield performance were far superior in the second sub-period as compared to the first.

Within Africa, the five countries on the West African coast ranging from Côte d'Ivoire to Nigeria provided 95% of the continent's production in 1994-1996. Nigeria by itself represented 74 % of African production and 71% of world production (figure 2). The spectacular growth in Nigerian yam production, total growth of 506% for an AGR of 5.6%, resulted from a very uneven performance over the two subperiods. In the period until 1980, the Nigerian growth rate was 1.7% or below the AGR for the rest of the world. The revised FAO data show production increasing from

**Table V.** Classification of yam consuming countries based on per capita food availability over the period 1961-1994.

	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Category 5
Increased production area, and yield	Nigeria, Côte-d'Ivoire Ghana, Benin, Central African Republic, Gabon, Jamaica, Papua New Guinea	Chad, Haiti, Dominica		Guinea, Zaire Ethiopia	Brazil, Japan
Increased production and yield but lower area			Burkina Faso	Venezuela, Colombia	
Increased production and area but lower yield	Togo, The Solomon Islands	New Caledonia		Liberia, Panama	Mali, Tanzania, Burundi
Decreased production and area but higher yields			Congo		
Decreased production and yield but increased area				Sudan	
Decreased production, area, and yields			Cameroon, Guadeloupe, Martinique		Philippines, The Dominican Republic

1961-1963 until 1970-1972. After that a 15 year period (until 1987) of declining production set in. It is from that point forward that production increased at an extremely rapid pace. Although the second subperiod in used this analysis (1980-1995) cuts across years of decline and rapid growth, it still shows Nigerian yam production growing at an AGR of 10.5%.

Examining Nigerian performance more closely, about 80% of the growth can be attributed to increased acreage and the remaining 20% to increases in yields. For both of these factors, the growth in the second subperiod far exceeded the growth in the first. Nigerian yields of 11 Mt for 1994-1996 are almost 7% above the world average yield.

Of the other top five producers, Benin (135%) followed a similar pattern of growth to Nigeria with most of the growth coming in the second subperiod and most of it attributable to increased area. Ghana (87%) experienced declining production in the first subperiod but had very strong second period growth that in percentage growth rate terms was only exceeded by Nigeria. Ghana's yield increase of more than 50% was the third best performance among the countries examined. A closer look at the data indicates that caution should be used in judging this performance since table VIII illustrates how uneven Ghana's yield were. Yields from 1970 to 1993 were actually below the 1961-1963 yield level and then in the last period the average yield shot up. Ending yields were just above world average yields. Ghanaian area was up only 24% for the entire period and only in the second subperiod was there any growth in acreage.

Côte d'Ivoire (137%) began and ended the period of study as the world's #2 yam producer. In contrast to Nigeria, Ivorian production increased more in the first subperiod than the second. For the Côte d'Ivoire, area provided 62% of the total increase and yield 38%. Togo, the smallest of the top 5 producers, also achieved the smallest increase for the period (29%). As noted above, Togo was one of only two category 1 countries to record a decrease in yields. Togolese yields in 1961-1963 were 132% of the world average yield while in 1994-1996 they were at only 59% of the world average yield. The growth in Togolese production was strong in the first period (3.1%) but turned negative in the second subperiod (-1.9%). Looking at the entire period, area grew solidly for Togo up 105% but yields declined substantially (-37%) for an AGR of -1.4% This decline in yields was particularly marked for the second subperiod (-2.5% AGR).

A look at other African countries provides the following observations. Cameroon just to the east of the yam heartland, experienced a 26% decline in yam production for the period. While production in Cameroon was up in the first subperiod it declined precipitously in the second subperiod with an AGR of -4%. Both area and yield declined but the key factor driving the decrease in production was the reduction in yam area in the second subperiod. Further from the yam zone, Zaire witnessed strong growth of 361% for

4. There are important cross-border trade flows, especially in West Africa, but they are not captured in international trade statistics.

the entire period. Virtually all of that growth can be attributed to a growth in acreage. Annual growth was three times as fast in the first subperiod as it was in the second. The Central African Republic and Chad recorded virtually identical performance (up 114% each) with most of the growth coming from increased acreage and somewhat stronger growth in the second subperiod. The growth in Ethiopian production was slight, only 27% for the entire period. Growth figures for other countries can be found in Table IX.

## Latin America and the Caribbean

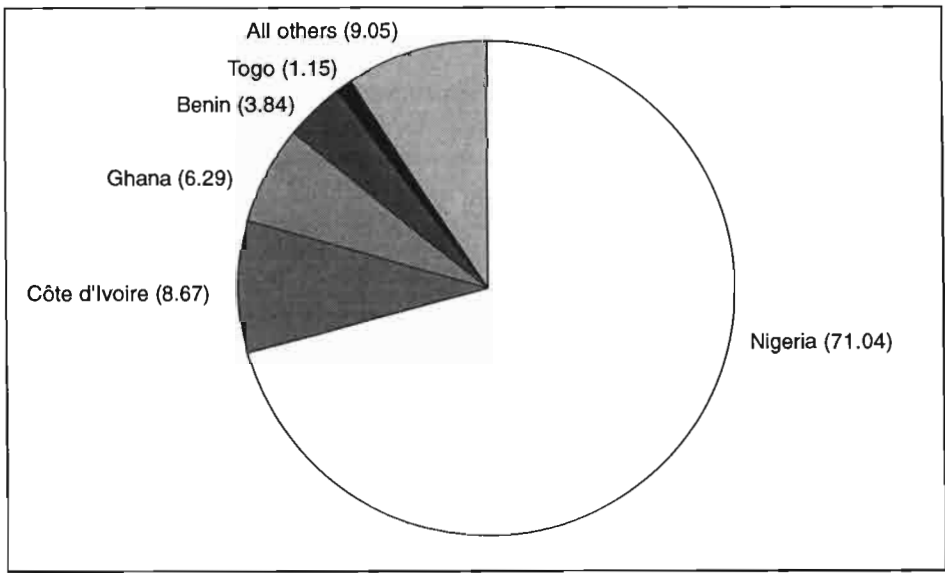
Latin American and the Caribbean (LAC) rank a distant second among regions with production of 800 000 t or 2.4% of world production (Tables I-IX). Total growth for LAC was the slowest of the regions at only 62%. The AGR of 0.8% in the second subperiod represents a substantial reduction in the rate of growth. While area grew almost 2% per year in the first subperiod, it was stagnant in the second one. The LAC average yield began at about the same level as the average African yield, but by the end of the reporting period it was only 80% of the African yield. For the entire period the growth rate of yields was 0.5%, but that rate was higher at 1% in the second subperiod.

The performance of individual countries varied substantially in this region. Jamaica's 402% growth stands out and, as discussed below, is one of the few countries to export as much as 5% of production.

While Jamaican production growth was almost completely attributable to area expansion, the country's yields were high throughout. The ending yields of more than 15 t/ha have more in common with yields in Oceania than with yields in the LAC. Brazil, Haiti, and tiny Dominica all achieved growth of over 100%. Their yield levels vary substantially with Dominica having yields slightly above Jamaica, Brazil having consistently mediocre yields of 9 t/ha, and Haiti improving its yields from 4 t to slightly more than 5 t/ha. In contrast, Colombia, the Dominican Republic, Guadeloupe, and Puerto Rico all experienced 60% or greater declines in production. Decreasing area was the dominant reason for the decline in four of the countries with the only exception being Guadeloupe where the 55% decrease in yield exceeded the 25% decrease in area. For two countries, Colombia and Puerto Rico, the decrease was more pronounced in the second period; for Guadeloupe and Martinique it was more pronounced in the first; and for the Dominican Republic it was about the same in both.

## Asia - Oceania

Together these two regions account for only 1.5% of 1994-1996 world production. With only 34 000 ha of yam production or just over 1% of the world's area, Asia/Oceania only attains that percentage of total production because it enjoys higher yields than elsewhere in the world (Tables I-IX). Tables III and IV separate the two regions for yield statistics to show a quite dramatic difference in



**Figure 2.** Yam production by countries (%), 1994- 1996 average.

growth path between the two regions. Oceania began with an average yield at 193% of the world's average and gained only 10% in yield for the period. At the end of the period the average Oceania yield was at 149% of the world average. Asian yield for 1961-1963 was 121% of the world average yield initially but grew by 60% over the reporting period and ended up at 134% of the end of period world yield. Furthermore Asian yield growth accelerated to 2.2% per year in the more recent subperiod.

Only two countries in the Asia-Oceania regions rank among the top twenty yam producing countries. Papua New Guinea, with 1994-1996 production of 222 000 t, increased its production by a moderate 79%. Most of that growth can be attributed to growth in area and most came during the first subperiod. Japan achieved greater growth (223%) and also had a faster growth rate during the first subperiod. The Solomon Islands stand out for having the highest yield in the world — in most years over 28 Mt. Yields were stable for the entire period and actually ended up slightly below where they began. New Caledonian and Philippine yields also declined, but they did so from a much lower base.

## Trade

As illustrated in tables X and XI international trade in yam is virtually non-existent<sup>(4)</sup>. This is to be expected for a perishable, relatively low-value crop. At no time since 1961 has recorded trade exceeded 0.20% of world production. In the last decade as production has increased dramatically, the volume of trade has been stagnant at around 25 000 t and the percentage traded has declined.

As reported in the FAO database, the volume of yam traded began to expand in the mid 1970s based upon exports from three LAC countries. Colombia was the most significant exporter in the 1970s and achieved peak exports of nearly 12 000 t in 1978. Although Colombian exports briefly rose back to 9 000 t in 1989 and 1990, they are currently below 4 000 t.

Brazilian exports exceeded 4 000 t from 1979 through 1993 but have also fallen off in the last few years. Since 1984, Jamaica has consistently been the leading yam exporter with exports generally in the range of 8 000 to 13 000 t. The value of Jamaican exports has ranged from \$5 million to nearly \$13 million over this period. Outside the LAC, Ghana has become a significant exporter with sales exceeding 5 000 t in 1994 and 1995.

In the FAO database, US imports dominate from the early 1980s on. They have gone as high as 23 000 MT with a value of over \$21 million. Sales of yam in the US and other importing countries have been largely limited to recent immigrant communities. Some market studies have shown that second and third generation immigrants do not maintain the same propensity to purchase yam. This may account for the lack of increase in imports in recent years.

## References

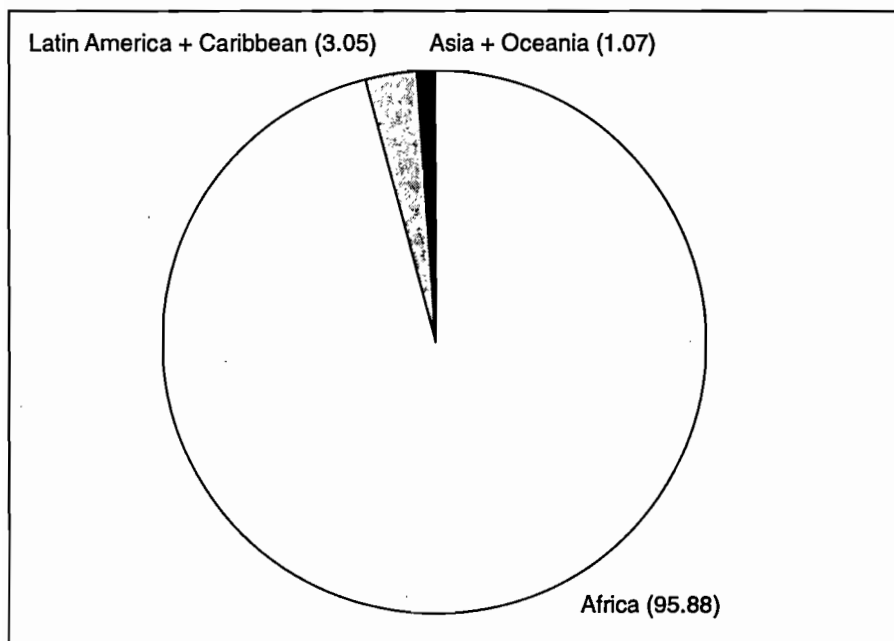
- DEGRAS L., 1993. *The Yam: A Tropical Root Crop*. New York, USA, Macmillan, 364 p.
- DOROSH, P., 1988. *The Economics of Root and Tuber Crops in Africa: Resource and Crop Management Program Monograph 1*. Ibadan, Nigeria, IITA.
- FAO, FAOSTAT, December 1996. Rome, Italy, 68 p.
- GEBREMESKEL T., OYEWOLE D.B., 1987. *Yam in Africa and World: Trends of Vital Statistics 1965-1984*. Ibadan, Nigeria, IITA (Socio-Economic Unit), 54 p.
- ONWUEME I.C., CHARLES W.W., 1994. *Tropical Root and Tuber Crops: Production Perspectives and Future Prospects*, FAO Plant Production and Protection Paper 126. Rome, Italy, FAO, 228 p.
- OSSWALD P., 1995. *Economie des racines et tubercules : analyse dans les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre*. Paris, France, Solagral, 66 p.

**Table VI.** Yam production, three year averages major producing countries, (1 000 Mt).

Countries	1961- 1963	1964- 1966	1967- 1969	1970- 1972	1973- 1975	1976- 1978	1979- 1981	1982- 1984	1985- 1987	1988- 1990	1991- 1993	1994- 1996
Nigeria	3 833	5 996	8 608	9 890	7 585	6 332	5 187	4 994	4 944	10 788	20 286	23 227
Côte d'Ivoire	1 193	1 293	1 419	1 544	1 825	1 970	2 079	2 307	2 400	2 543	2 772	2 824
Ghana	1 100	1 027	1 232	832	748	551	614	877	1073	1119	1417	2056
Benin	535	517	580	526	458	598	687	704	823	993	1 163	1 256
Togo	290	284	292	324	403	436	498	399	378	392	425	375
Zaire	68	91	145	164	174	181	222	249	263	270	308	315
Ethiopia <sup>(1)</sup>	207	234	248	261	266	278	276	267	242	250	0	263
Central Africa Republic	117	120	127	127	137	163	153	170	187	207	247	250
Chad	112	116	119	121	120	140	163	195	210	227	227	240
Jamaica	47	59	68	110	131	131	142	132	168	154	207	238
Papua New Guinea	124	133	141	154	161	168	176	185	194	210	218	222
Brazil	89	101	116	128	145	160	179	201	217	208	215	215
Haiti	81	88	90	96	105	116	112	118	125	153	201	190
Japan	56	72	86	113	126	144	144	144	162	171	173	181
Sudan	127	147	137	118	112	114	114	113	114	107	126	126
Gabon	47	38	39	46	52	67	80	88	88	103	110	120
Guinea	50	55	58	58	56	69	64	59	70	78	80	114
Cameroon	149	152	170	276	340	227	203	169	113	74	103	110
Venezuela	45	46	44	41	32	34	33	34	38	41	38	56
Colombia	122	134	135	78	72	148	143	92	100	88	59	45
Burkina Faso	22	21	33	38	44	55	71	82	90	58	43	38
Philippines	37	29	25	22	20	26	21	19	24	24	27	31
Tonga	29	29	31	31	33	34	34	33	33	32	31	31
Liberia	13	13	13	13	14	15	15	17	18	17	20	30
Solomon Islands	12	13	14	15	16	17	18	18	19	21	21	20
Congo	31	35	44	48	24	12	12	11	9	11	13	16
Panama	11	12	14	14	16	16	19	21	21	18	13	14
New Caledonia	9	10	8	9	9	10	11	11	11	11	11	11
Mali	7	8	9	9	9	12	15	16	11	6	11	11
Tanzania	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10
Dominican Republic	22	24	28	30	32	29	14	7	7	9	8	9
Burundi	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	8	8
Guadeloupe	21	21	17	22	22	13	8	10	10	9	13	7
Dominica	2	2	2	3	3	4	5	5	6	6	6	7
Martinique	19	20	21	22	20	13	8	11	13	8	7	6
Puerto Rico	14	14	13	13	13	13	15	13	12	11	9	5

(1). Combines Ethiopia PDR (61-90) and Ethiopia (91-96).

Source: FAOSTAT Database, December 1996.



**Figure 3.** Yam area by region (%), 1994- 1996 average.



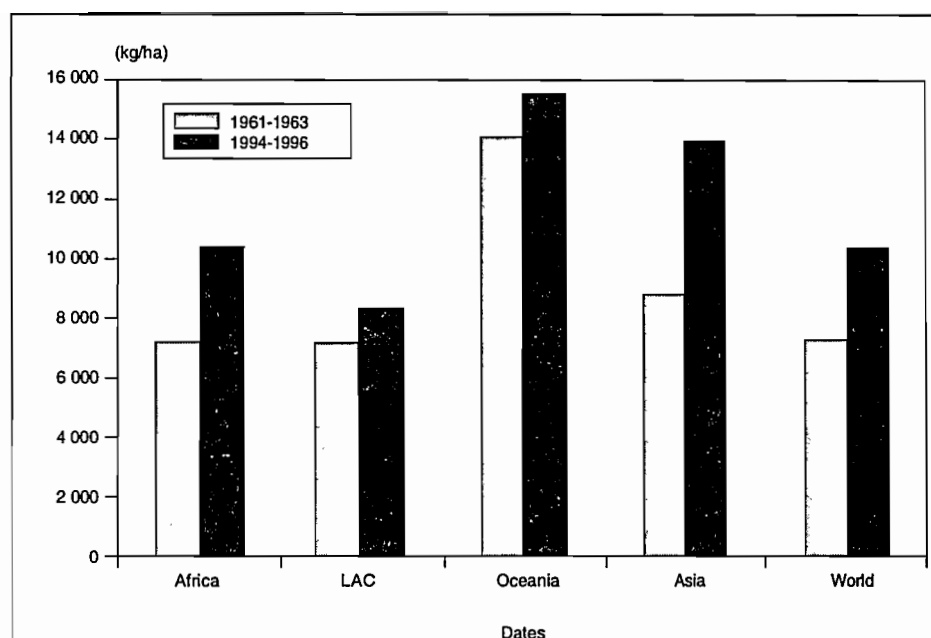


Figure 4. Yam yield by region (kg/ha), three year average.

Table VII. Yam area (ha), major producing countries three year averages.

Countries	1961-1963	1964-1966	1967-1969	1970-1972	1973-1975	1976-1978	1979-1981	1982-1984	1985-1987	1988-1990	1991-1993	1994-1996
Nigeria	483 333	680 667	960 667	1 135 000	798 333	575 667	635 000	886 667	838 333	1 154 333	1 741 000	2 089 000
Côte d'Ivoire	155 000	166 333	182 667	195 400	213 500	255 000	238 667	241 667	246 333	260 333	260 000	260 000
Ghana	154 000	117 667	111 667	159 333	126 667	94 667	111 333	159 000	187 133	175 767	225 800	191 400
Benin	61 336	57 645	59 236	53 964	43 607	63 954	72 730	81 449	78 965	90 098	106 477	116 550
Togo	30 000	30 000	30 000	32 800	39 385	47 333	56 100	52 367	38 858	39 671	45 733	61 467
Zaire	9 333	11 833	19 167	21 667	23 133	24 267	25 633	27 900	33 000	37 400	38 333	38 500
Ethiopia <sup>(1)</sup>	54 400	55 700	58 300	60 367	61 167	63 000	63 500	62 833	60 333	62 000	0	65 000
Central Africa Republic	21 333	22 667	25 000	25 000	26 934	25 667	25 000	27 333	30 000	31 667	35 000	35 000
Chad	14 567	14 900	15 833	16 067	16 000	18 000	20 000	22 333	23 000	24 333	24 333	25 000
Jamaica	3 267	4 175	6 174	9 698	11 485	11 961	11 244	10 626	13 169	12 001	14 133	15 400
Papua New Guinea	7 513	8 233	9 000	9 500	9 800	10 300	10 867	11 200	11 600	12 033	12 333	12 600
Brazil	9 867	11 133	12 800	14 200	16 000	17 667	19 867	22 167	23 333	22 833	23 500	23 500
Haiti	20 167	21 833	22 500	24 000	26 167	29 051	34 214	35 667	33 500	32 000	36 971	35 000
Japan	3 300	3 833	5 000	6 510	6 973	7 690	7 933	7 860	8 453	9 040	8 867	8 680
Sudan	40 000	50 000	46 000	39 333	37 967	39 000	39 333	39 333	40 333	42 667	45 933	47 333
Gabon	8 167	7 333	7 833	8 667	9 500	12 333	13 667	15 000	14 667	16 333	17 000	18 000
Guinea	6 000	6 167	6 667	6 500	6 530	8 129	7 529	6 983	7 500	7 833	8 167	9 500
Cameroon	36 000	36 692	49 335	60 839	69 574	55 333	55 000	41 050	29 595	21 626	26 000	30 000
Venezuela	8 032	8 956	9 149	8 910	6 721	6 361	5 984	5 989	6 573	6 774	6 738	7 300
Colombia	15 000	15 000	14 000	7 900	7 167	12 700	13 367	12 920	12 612	13 582	5 813	3 800
Burkina Faso	8 800	5 000	6 868	6 000	5 277	5 500	7 133	8 126	11 740	5 834	6 533	6 871
Philippines	7 200	5 410	4 873	4 867	4 627	7 623	8 343	7 410	6 177	5 474	5 641	6 533
Tonga	2 327	2 300	2 300	2 330	2 430	2 460	2 467	2 450	2 417	2 300	2 117	2 400
Liberia	1 350	1 350	1 350	1 417	1 483	1 583	1 667	1 800	2 000	1 933	2 400	3 500
Solomon Islands	430	460	490	520	548	590	620	650	680	710	737	733
Congo	8 667	9 400	11 333	12 000	5 667	2 500	2 500	2 500	2 500	2 600	2 700	2 967
Panama	1 600	1 800	2 133	1 936	2 467	2 500	2 828	3 100	3 667	4 073	4 033	4 200
New Caledonia	1 083	1 167	1 183	1 350	1 450	1 577	1 667	1 700	1 700	1 700	1 700	1 733
Mali	2 000	2 000	2 000	2 000	2 267	3 033	3 633	3 833	3 945	1 777	3 033	3 525
Tanzania	700	800	933	1 000	1 033	1 267	1 300	1 567	1 617	1 700	1 683	1 700
Dominican Republic	2 133	2 267	2 533	2 700	2 933	3 218	1 885	1 199	1 197	1 314	1 533	1 600
Burundi	1 000	1 000	1 000	1 067	1 033	1 033	1 033	1 100	1 233	1 193	1 400	1 400
Guadeloupe	1 600	1 828	1 138	1 500	1 400	1 133	1 000	1 149	935	1 066	1 223	1 200
Dominica	203	220	235	250	265	367	330	368	445	423	407	400
Martinique	1 833	1 900	1 917	2 000	2 000	2 000	843	1 093	1 297	803	683	600
Puerto Rico	2 549	2 553	2 515	2 285	1 776	1 635	2 113	2 143	2 110	1 867	1 587	873

(1). Combines Ethiopia PDR (61-90) and Ethiopia (91-96).

Source: FAOSTAT Database, December 1996

Table VIII. Yam yield (kg/ha), major producing countries, three year averages.

Countries	1961- 1963	1964- 1966	1967- 1969	1970- 1972	1973- 1975	1976- 1978	1979- 1981	1982- 1984	1985- 1987	1988- 1990	1991- 1993	1994- 1996
Nigeria	7 931	8 809	8 960	8 714	9 501	11 000	8 169	5 633	5 898	9 346	11 652	11 119
Côte d'Ivoire	7 699	7 776	7 770	7 900	8 550	7 724	8 712	9 545	9 743	9 767	10 662	10 860
Ghana	7 141	8 731	11 029	5 224	5 908	5 824	5 518	5 518	5 736	6 366	6 274	10 742
Benin	8 719	8 960	9 799	9 752	10 510	9 347	9 440	8 642	10 424	11 018	10 918	10775
Togo	9 667	9 467	9 722	9 890	10 231	9 215	8 880	7 617	9 729	9 878	9 292	6 102
Zaire	7 321	7 651	7 574	7 548	7 503	7 462	8 679	8 935	7 960	7 230	8 043	8182
Ethiopia <sup>(1)</sup>	3 801	4 199	4 255	4 316	4 343	4 418	4 346	4 255	4 006	4 032	0	4 046
Central Africa Republic	5 469	5 294	5 067	5 067	5 074	6 364	6 133	6 220	6 222	6 526	7 048	7 143
Chad	7 689	7 785	7 516	7 552	7 521	7 778	8 167	8 731	9 130	9 315	9 315	9 600
Jamaica	14 527	14 031	10 983	11 383	11 413	10 988	12 643	12 444	12 783	12 822	14 680	15 469
Papua New Guinea	16 504	16 113	15 667	16 246	16 429	16 278	16 196	16 518	16 695	17 452	17 689	17 619
Brazil	8 986	9 072	9 036	9 038	9 042	9 038	9 010	9 083	9 286	9 124	9 149	9 149
Haiti	4017	4 015	4 000	4 000	4 000	3 989	3 265	3 318	3 731	4 792	5 442	5 429
Japan	16 970	18 887	17 133	17 358	18 102	18 730	18 088	18 312	19 164	18 923	19 556	20841
Sudan	3 167	2 933	2 971	3 008	2 961	2 932	2 890	2 881	2 818	2 500	2 732	2 662
Gabon	5 755	5 136	5 021	5 269	5 513	5 454	5 847	5 889	6 023	6 327	6 471	6667
Guinea	8 333	8 919	8 750	8 974	8 500	8 500	8 492	8 477	9 333	10 000	9 841	12 000
Cameroon	4 148	4 156	3 454	4 538	4 886	4 096	3 697	4 121	3 824	3 422	3 974	3 667
Venezuela	5 627	5 096	4 832	4 584	4 805	5 332	5 544	5 706	5 857	6 007	5 661	7 656
Colombia	8 156	8 933	9 643	9 852	10 084	11 622	10 718	7 126	7 962	6 507	10225	11 754
Burkina Faso	2 540	4 267	4 813	6 389	8 282	10 000	9 926	10 112	7 699	9 858	6 645	5 595
Philippines	5 106	5 378	5 115	4 486	4 259	3 400	2 569	2 558	3 865	4 324	4 823	4 796
Tonga	12 321	12 783	13 478	13 200	13 443	13 780	13 622	13 592	13 655	13 957	14 772	12 917
Liberia	9630	9 630	9 630	9 412	9 438	9 579	9 260	9 352	9 000	8 793	8 333	8571
Solomon Islands	28 527	28 261	28 095	28 013	29 258	28 531	28 226	28 103	28 137	29249	29 050	27 727
Congo	3 577	3 723	3 882	4 000	4 258	4 880	4 600	4 277	3 708	4 336	4 815	5 281
Panama	6 667	6 519	6 688	7 092	6 444	6 543	6 623	6 670	5 794	4 456	3 341	3 342
New Caledonia	8 154	8 857	7 042	6 296	6 391	6 512	6 420	6 451	6 471	6 382	6 353	6 288
Mali	3 683	4 150	4 433	4 567	4 044	3 956	4 037	4 165	2 717	3 433	3 714	3 075
Tanzania	7 143	7 083	6 786	7 000	7 000	6 263	6 154	5 553	5 485	5 882	5743	5882
Dominican Republic	10 250	10 554	11 087	11 082	10 911	8 976	7 218	5 877	5 714	6 538	4 957	5 502
Burundi	5700	5 700	5 700	5 313	5 452	5 484	5 323	5 455	5 730	5 503	5 667	5 659
Guadeloupe	12 917	11 454	14 996	14 889	16 000	1 1647	7 533	8 678	10 866	8 908	10 623	5 708
Dominica	10 000	10 000	10 000	10 000	10 038	10 082	13 779	14 042	13 333	14 339	15 519	16 417
Martinique	10 545	10 526	10 783	10 833	10 000	6 292	9 802	9 793	9 776	9 759	9 927	10 000
Puerto Rico	5299	5318	5350	5572	7337	8 247	6 964	6 194	5 897	5 654	5 956	6 008

(1). Combines Ethiopia PDR (61-90) and Ethiopia (91-96).

Source: FAOSTAT Database, December 1996.

**Table IX.** Growth rates of yam production, area, and yield (%) for major producing countries.

Country	Production				Area				Yield			
	Total growth	Annual growth rate			Total growth	Annual growth rate			Total growth	Annual growth rate		
	1962-1995	1962-1995	1962-1980	1980-1995	1962-1995	1962-1995	1962-1980	1980-1995	1962-1995	1962-1995	1962-1980	1980-1995
Nigeria	505.9	5.6	1.7	10.5	332.2	4.5	1.5	8.3	40.2	1.0	0.2	2.1
Côte d'Ivoire	136.6	2.6	3.1	2.1	67.7	1.6	2.4	0.6	41.1	1.0	0.7	1.5
Ghana	87.0	1.9	- 3.2	8.4	24.3	0.7	- 1.8	3.7	50.4	1.2	- 1.4	4.5
Benin	134.8	2.6	1.4	4.1	90.0	2.0	1.0	3.2	23.6	0.6	0.4	0.9
Togo	29.3	0.8	3.1	- 1.9	104.9	2.2	3.5	0.6	- 36.9	- 1.4	- 0.5	- 2.5
Zaire	361.0	4.7	6.8	2.3	312.5	4.4	5.8	2.7	11.8	0.3	0.9	- 0.4
Ethiopia <sup>(1)</sup>	27.2	0.7	1.6	- 0.3	19.5	0.5	0.9	0.2	6.4	0.2	0.7	- 0.5
Central Africa Republic	114.3	2.3	1.5	3.3	64.1	1.5	0.9	2.3	30.6	0.8	0.6	1.0
Chad	114.3	2.3	2.1	2.6	71.6	1.7	1.8	1.5	24.9	0.7	0.3	1.1
Jamaica	402.0	5.0	6.3	3.5	371.4	4.8	7.1	2.1	6.5	0.2	- 0.8	1.4
Papua New Guinea	79.0	1.8	2.0	1.6	67.7	1.6	2.1	1.0	6.8	0.2	- 0.1	0.6
Brazil	142.5	2.7	4.0	1.2	138.2	2.7	4.0	1.1	1.8	0.1	0.0	0.1
Haiti	134.6	2.6	1.8	3.6	73.6	1.7	3.0	0.2	35.2	0.9	- 1.1	3.4
Japan	223.0	3.6	5.4	1.6	163.0	3.0	5.0	0.6	22.8	0.6	0.4	0.9
Sudan	- 0.5	0.0	- 0.6	0.7	18.3	0.5	- 0.1	1.2	- 15.9	- 0.5	- 0.5	- 0.5
Gabon	155.3	2.9	3.0	2.7	120.4	2.4	2.9	1.9	15.8	0.4	0.1	0.9
Guinea	128.0	2.5	1.4	3.9	58.3	1.4	1.3	1.6	44.0	1.1	0.1	2.3
Cameroon	- 26.3	- 0.9	1.7	- 4.0	- 16.7	- 0.6	2.4	- 4.0	- 11.6	- 0.4	- 0.6	- 0.1
Venezuela	23.7	0.6	- 1.7	3.5	- 9.1	- 0.3	- 1.6	1.3	36.1	0.9	- 0.1	2.2
Colombia	- 63.5	- 3.0	0.9	- 7.5	- 74.7	- 4.1	- 0.6	- 8.0	44.1	1.1	1.5	0.6
Burkina Faso	72.0	1.7	6.6	- 4.0	- 21.9	- 0.7	- 1.2	- 0.2	120.3	2.4	7.9	- 3.7
Philippines	- 14.8	- 0.5	- 3.0	2.6	- 9.3	- 0.3	0.8	- 1.6	- 6.1	- 0.2	- 3.7	4.2
Tonga	8.1	0.2	0.9	- 0.5	3.2	0.1	0.3	- 0.2	4.8	0.1	0.6	- 0.4
Liberia	130.8	2.6	1.0	4.5	159.3	2.9	1.2	5.1	- 11.0	- 0.4	- 0.2	- 0.5
Solomon Islands	65.8	1.5	2.0	1.0	70.5	1.6	2.1	1.1	- 2.8	- 0.1	- 0.1	- 0.1
Congo	- 49.5	- 2.0	- 5.4	2.1	- 65.8	- 3.2	- 6.7	1.1	47.6	1.2	1.4	0.9
Panama	31.6	0.8	3.2	- 1.9	162.5	3.0	3.2	2.7	- 49.9	- 2.1	- 0.0	- 4.5
New Caledonia	23.4	0.6	1.1	0.1	60.0	1.4	2.4	0.3	- 22.9	- 0.8	- 1.3	- 0.1
Mali	47.2	1.2	3.9	- 2.0	76.3	1.7	3.4	- 0.2	- 16.5	- 0.5	0.5	- 1.8
Tanzania	100.0	2.1	2.6	1.5	142.9	2.7	3.5	1.8	- 17.6	- 0.6	- 0.8	- 0.3
Dominican Republic	- 59.7	- 2.7	- 2.6	- 2.9	- 25.0	- 0.9	- 0.7	- 1.1	- 46.3	- 1.9	- 1.9	- 1.8
Burundi	39.0	1.0	- 0.2	2.5	40.0	1.0	0.2	2.0	- 0.7	0.0	- 0.4	0.4
Guadeloupe	- 66.9	- 3.3	- 5.5	- 0.6	- 25.0	- 0.9	- 2.6	1.2	- 55.8	- 2.4	- 3.0	- 1.8
Dominica	223.0	3.6	4.6	2.5	96.7	2.1	2.7	1.3	64.2	1.5	1.8	1.2
Martinique	- 69.0	- 3.5	- 4.6	- 2.1	- 67.3	- 3.3	- 4.2	- 2.2	- 5.2	- 0.2	- 0.4	0.1
Puerto Rico	- 61.1	- 2.8	0.5	- 6.6	- 65.7	- 3.2	- 1.0	- 5.7	13.4	0.4	1.5	- 1.0

(1). Combines Ethiopia PDR (61- 90) and Ethiopia (91- 96).

Source: calculated from FAOSTAT data, December 1996.

**Table X.** Yam export volume by region (Mt).

	1961-1963	1964-1966	1967-1969	1970-1972	1973-1975	1976-1978	1979-1981	1982-1984	1985-1987	1988-1990	1991-1993	1994-1995 (1)
Latin America + Caribbean	163	354	2 540	4 444	7 567	13 647	15 318	18 056	22 290	23 055	19 526	18 895
Oceania	0	0	5	18	23	47	275	143	399	357	55	165
Africa	1 095	1 153	3 487	3 575	2 573	1 074	1 774	2 676	1 157	2 426	4 136	6 542
Asia	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	99	87
Asia + Oceania	0	0	5	18	23	47	275	148	400	357	154	252
World	1 353	1 619	6 130	8 164	10 315	14 993	17 591	21 117	24 048	25 974	23 914	25 737
World production	8 679 113	10 990 440	14 169 290	15 344 130	13 364 690	12 339 600	11 579 850	11 824 960	12 238 020	18 459 070	28 912 990	32 696 730
Exports as % of production	0.02	0.01	0.04	0.05	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.14	0.08	0.08

(1). 1994- 95 data is a 2 year average.

Source: FAOSTAT Database, December 1996.

**Table XI.** Yam export value by region (\$1 000 US).

	1961-1963	1964-1966	1967-1969	1970-1972	1973-1975	1976-1978	1979-1981	1982-1984	1985-1987	1988-1990	1991-1993	1994-1995 (1)
Latin America + Caribbean	10	35	283	673	1 734	4 565	7 226	11 223	12 398	15 798	14 876	16 180
Oceania	0	0	1	5	6	22	75	47	166	328	53	130
Africa	44	134	644	722	457	214	342	272	123	608	2 313	3 424
Asia	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	213	179
Asia + Oceania	0	0	1	5	6	22	75	48	166	328	266	309
World	58	174	932	1 415	2 267	4 926	7 775	11 708	12 825	16 859	17 541	19 975

(1). 1994- 1995 data is a 2 year average.

Source: FAOSTAT Database, December 1996.

# **L** La consommation alimentaire des ignames

## **Synthèse des connaissances et enjeux pour la recherche**

N. BRICAS

Cirad-amis, BP 5035, Montpellier, France

H. ATTAIE

Cirad, Montpellier, France/Eth, Zurich, Suisse

**Résumé** — Cette synthèse des connaissances sur la consommation alimentaire de l'igname s'appuie sur des statistiques nationales et sur des données d'enquêtes auprès de consommateurs des principaux pays producteurs. L'analyse des données statistiques sur la période 1961-1994 permet de dresser une typologie des pays en fonction de la disponibilité alimentaire de l'igname et de son évolution. Quinze pays, qui totalisent près de 170 millions d'habitants — parmi les 31 où la consommation d'igname est significative —, en consomment en moyenne plus de 20 kg/personne/an. Malgré le peu d'études sur la consommation et son évolution, les informations disponibles mettent en évidence le rôle important joué par l'igname dans l'activation des identités géo-culturelles spécifiques. Dans les zones traditionnellement productrices, la consommation d'igname est fortement ritualisée. Mais les consommateurs d'igname s'élargissent à des populations traditionnellement non utilisatrices, en particulier dans les villes. Sur les marchés urbains, la compétitivité de l'igname est handicapée par sa faible durée de conservation qui entraîne de fortes variations saisonnières en disponibilité, des pertes post-récolte et un coût de transport élevés. Au sud-ouest du Nigeria et au Bénin, le développement d'une filière marchande de cossettes d'igname séchées a permis de lever ces contraintes. La diffusion de ce savoir-faire endogène mériterait d'être étudiée et encouragée. Si la diversité des savoir-faire culinaires existe sur le plan domestique, elle reste peu connue de la recherche et n'a, semble-t-il, été que peu valorisée. Dans un contexte de diversification alimentaire il y aurait, sans doute là, un enjeu important pour la recherche en technologie alimentaire.

**Abstract** — Yam food consumption: a synthesis of knowledge and challenges for research. This synthesis is based on national statistics and consumer survey results collected in the main countries producing yam. Analysis of national statistics organized by FAO for the 1961-1994 period allows to make a typology of the countries taking into account the consumption

availability per capita and its trend. Fifteen countries (approximately 170 millions inhabitants), among 31 where yam consumption can be considered as significative, are using more than 20 kg yam/inhabitants/year. There are only a few specific studies on yam consumption. Available issues show that yam plays an important role in geo-cultural identity aspects. In human groups of traditional yam producing areas, yam consumption is strongly ritual. But yam consumption now concerns non-traditional consumers, mostly in cities where this product answers to the food diversification demand. The yam competitiveness in urban markets is handicapped by low duration for storage which leads to big seasonal variations in availability, often important post harvest losses, and a high cost of transportation. In the South West Nigeria and in Benin, the development of dry chips has partly suppressed these constraints. Diffusion to other countries of this knowhow should be better studied and encouraged. Diversity of «domestic knowhow» in yam processing exists in certain countries, but it has remained little known by research and undervalued. In a context in which diversity is needed by the urban consumers, the limited number of preparations could become a handicap for the yam future. This is certainly a main challenge for research in food technology.

Deux types d'information ont été mobilisés pour faire la synthèse des connaissances sur la consommation alimentaire de l'igname :

- d'une part, les statistiques nationales permettant de calculer des disponibilités apparentes par pays, de mettre en évidence les évolutions sur longue période et d'établir, sur ces bases, une typologie des pays ; cette analyse est présentée dans la première partie de cette synthèse ;
- d'autre part, des données d'enquêtes auprès de consommateurs, en particulier dans les principaux

pays d'Afrique producteurs de ce tubercule ; elles permettent de se rendre compte des différences au sein des pays et de révéler certains facteurs explicatifs de la consommation d'igname et de son évolution ; cette analyse fait l'objet de la seconde partie de cette synthèse.

## **L'analyse des bilans de disponibilité alimentaire**

Sur la base de données statistiques nationales de production, d'importation, d'exportation et de population, la Fao calcule, pour chaque produit agricole, pour chaque pays du monde et pour chaque année, un bilan de disponibilité alimentaire. Ce bilan tient compte, le plus souvent par estimation, des utilisations non alimentaires du produit (semences, alimentation animale, utilisations industrielles) et des pertes après-récolte. Il fournit donc, pour chaque année, la quantité moyenne par habitant, disponible pour la consommation alimentaire de chaque produit. Il constitue de ce fait un indicateur de l'importance des différents produits agricoles dans l'alimentation de la population de chaque pays.

L'analyse de ces données, pour le cas de l'igname depuis 1961, permet d'établir une classification des pays en fonction de deux critères : d'une part, l'importance de ce tubercule dans l'alimentation, et, d'autre part, l'évolution générale des disponibilités depuis une quarantaine d'années. Dans le tableau I, les pays ont été classés selon un ordre décroissant de disponibilité en igname par personne et par an sur la période 1989-1994. Ce tableau présente, de plus, les moyennes triennales des disponibilités depuis 1961. On peut ainsi distinguer 5 catégories de pays.

### *Type 1. Pays où la consommation par tête reste importante depuis les années 60*

Côte d'Ivoire, Bénin, Togo, Ghana, Nigeria, République centrafricaine, Gabon pour le continent africain ; Jamaïque pour les Caraïbes ; Iles Salomon et Papouasie-Nouvelle-Guinée pour l'Océanie.

Dans ces pays, la disponibilité moyenne par habitant est supérieure à 40 kg/an sur la période 1989-1994. L'évolution depuis les années 60 montre plusieurs trajectoires différentes.

Certains pays ont vu leur disponibilité en igname régulièrement baisser depuis une quarantaine d'années : la Côte d'Ivoire, le Togo, les Iles Salomon. Ils restent cependant d'importants consommateurs d'igname.

Un pays se caractérise par un accroissement régulier de sa disponibilité en igname : la Jamaïque.

D'autres pays ont connu des variations fluctuantes, avec une ampleur parfois importante :

- certains restent, malgré cela, dans une tendance stable : la République centrafricaine, le Gabon, la Papouasie-Nouvelle-Guinée ;
- d'autres sont plutôt sur une tendance croissante, notamment depuis les années 80 : le Bénin et le Nigeria ;
- un autre enfin est plutôt sur une tendance décroissante : le Ghana.

Il faut noter que ces 10 pays gros consommateurs d'igname représentent environ 155 millions d'habitants, soit la moitié de la population des pays où la consommation d'igname est considérée significative (disponibilité > 5 kg/an).

### *Type 2. Pays où la consommation par tête reste moyenne depuis les années 60*

Tchad en Afrique ; Nouvelle-Calédonie en Océanie ; Dominique, Sainte-Lucie, Haïti dans les Caraïbes.

Dans ces pays, la disponibilité moyenne par habitant est comprise entre 20 et 40 kg/an sur la période 1989-1994. A chacun de ces pays correspond une trajectoire spécifique d'évolution depuis les années 60 :

- fort accroissement : Dominique ;
- accroissement modéré : Tchad, Haïti ;
- stagnation : Sainte-Lucie ;
- forte diminution : Nouvelle-Calédonie.

Ces 5 pays représentent environ 4 % de la population des 31 pays à consommation significative d'igname.

### *Type 3. Pays où la consommation par tête était moyenne dans les années 60 ou 70 mais est devenue faible*

Guadeloupe, Martinique, Saint Vincent, Barbade dans les Caraïbes ; Congo et Cameroun en Afrique.

Dans ces pays, la disponibilité moyenne par habitant était supérieure à 15 kg/an dans les années 60 ou 70 ; elle est inférieure à 12 kg/an depuis 1989.

### *Type 4. Pays où la consommation par tête est faible depuis les années 60*

Guinée, Liberia, République démocratique du Congo (ex-Zaïre), São Tomé et Príncipe, Ethiopie, Soudan,



Burkina Faso en Afrique ; St Christophe et Nieves, Panama dans les Caraïbes et pays du pourtour caraïbe ; Fidji en Océanie.

Dans ces pays, la disponibilité moyenne par habitant est comprise depuis les années 60 entre 5 et 15 kg/an. Trois principales trajectoires d'évolution depuis une quarantaine d'années peuvent être identifiées :

- accroissement : République démocratique du Congo (ex-Zaïre), Fidji ;
- stagnation : Guinée, São Tomé et Príncipe, Burkina Faso ;
- diminution : Libéria, Ethiopie, Soudan, St Christophe et Nieves, Panama.

Ces pays représentent environ 40 % de la population des pays à consommation significative d'igname.

### *Type 5 . Pays où la consommation par tête est très faible mais néanmoins repérable*

Burundi, Mauritanie, Mali, Rwanda, Tanzanie en Afrique ; République dominicaine, Grenade, Antigua et Barbuda, Trinité et Tobago dans les Caraïbes ; Japon, Philippines en Asie ; Venezuela, Colombie, Brésil, Costa Rica en Amérique centrale et du Sud ; Portugal en Europe.

Dans ces pays, la disponibilité moyenne par habitant est inférieure à 5 kg/an depuis les années 60.

Ces commentaires sont relatifs à tous les types et non au type 5. Comme toutes données issues d'agréats statistiques nationaux, ces disponibilités moyennes annuelles par habitant doivent être utilisées avec prudence. Dans de nombreux pays, les statistiques de production, de population, les ratios d'estimation des pertes et utilisations non alimentaires sont parfois insuffisamment fiables pour que les données qui en sont issues permettent des analyses fines. Le cas du Nigeria, principal producteur mondial d'igname, est de ce point de vue révélateur de l'insuffisance des données statistiques. Ainsi, selon les données de la Fao, la production d'igname au Nigeria était d'environ 23 millions de tonnes en 1994 pour une population totale estimée à près de 110 millions d'habitants soit un ratio de plus de 200 kg/personnes/an de production. Un tel chiffre, même s'il surestime la disponibilité alimentaire réelle, placerait le Nigeria en tête de liste des pays consommateurs d'igname telle qu'elle est présentée dans le tableau I. La disponibilité alimentaire en igname calculée par la même source indique, pour la même année, seulement 91 kg/personne/an !

Or il apparaît peu probable que les pertes, les exportations et les utilisations non alimentaires de l'igname représentent plus de la moitié de sa production dans

ce pays. Ce constat montre, de toute évidence, la nécessité d'un travail d'amélioration des statistiques concernant ce tubercule.

De plus, il faut noter que ces disponibilités moyennes peuvent masquer d'importantes disparités à l'intérieur des pays, notamment lorsque ceux-ci sont vastes et englobent des écosystèmes différents. La faible ou très faible disponibilité apparente de certains pays peut masquer une consommation importante d'igname dans certaines régions de ces pays.

De cette typologie, on peut cependant retenir que l'igname peut être considérée comme un aliment important (disponibilité/personne > 20 kg/an) dans 15 pays totalisant près de 170 millions d'habitants et comme un aliment significatif (disponibilité/personne entre 5 et 20 kg/an) dans 16 pays totalisant environ 143 millions d'habitants en 1993.

L'évolution des disponibilités se fait selon des trajectoires très différenciées selon les pays. Sur les 31 pays des types 1 à 4, on observe :

- une diminution dans 16 d'entre eux qui représentent environ 120 millions d'habitants ;
- une relative stabilité dans 7 d'entre eux qui représentent environ 25 millions d'habitants ;
- une augmentation, pour certains pays, relativement récente, dans 8 d'entre eux : Bénin, Nigeria, Jamaïque, Dominique, Tchad, Haïti, Zaïre et Fiji qui représentent environ 170 millions d'habitants.

## **Les enseignements des enquêtes de consommation**

La consommation de l'igname et son évolution est une question qui a été relativement peu étudiée par la recherche en comparaison de celle des autres amylacés (manioc, pomme de terre, patate douce ou céréales). Nombre d'enquêtes de consommation, en particulier dans les pays ou les régions où l'igname ne constitue pas une base alimentaire majeure, ne distinguent pas ce tubercule des autres féculents. On sait donc peu de choses sur les niveaux de consommation selon les différents groupes de population, sur les facteurs déterminant les évolutions, sur les perceptions et attentes des consommateurs vis-à-vis de l'igname et des produits dérivés. L'analyse des travaux disponibles, qui concernent surtout les grands pays producteurs africains, permet de tirer quelques enseignements ou questions et hypothèses qui mériteraient d'être approfondies à l'avenir par la recherche. Plutôt que de présenter une synthèse de ces travaux par pays, nous avons préféré articuler cette partie autour de ces enseignements et questions transversales.

**Tableau I. Bilan des disponibilités alimentaires de l'igname pour la période 1961-1994 (en milliers d'habitants).**

	1961- 1963	1964- 1966	1967- 1969	1970- 1972	1973- 1975	1976- 1978	1979- 1981	1982- 1984	1985- 1987	1988- 1990	1991- 1993	1994- 1994	1989- 1994	population 1993
<b>Type 1. Pays où la consommation par habitant reste importante depuis les années 60 (disponibilité &gt; 40 kg/personne/an)</b>														
														5527,6
Côte d'Ivoire	16,4	16,0	15,6	15,1	15,7	15,1	14,2	14,0	13,0	12,3	12,1	11,5	12,0	1 331,6
Bénin	11,0	9,9	11,0	10,0	7,3	8,8	9,2	8,5	10,0	11,3	12,0	12,5	11,9	508,6
Togo	14,1	13,0	11,7	11,5	13,5	13,3	13,9	10,5	9,0	8,5	8,2	6,5	8,0	388,5
Ghana	12,9	10,8	11,5	7,5	6,2	5,2	5,4	6,6	7,4	7,0	7,9	8,8	7,6	1 644,6
Nigeria	4,0	6,2	8,0	9,5	7,0	5,6	3,2	2,6	2,2	5,5	8,0	9,1	7,5	10 526,4
Jamaïque	2,6	3,1	3,4	5,2	6,0	5,7	6,0	5,2	6,3	5,7	7,5	8,4	7,0	241,1
République centrafricaine	6,2	6,1	6,1	5,7	5,8	6,4	5,6	5,8	6,0	6,1	6,8	6,6	6,6	315,6
Gabon	6,7	5,3	5,6	6,1	6,1	6,7	6,9	6,8	6,1	6,5	6,3	6,5	6,4	124,8
Iles Salomon	9,6	9,3	8,9	8,6	8,5	8,1	7,6	7,1	6,7	6,6	6,1	5,4	6,2	35,4
Papouasie- Nouvelle-Guinée	4,9	4,9	4,9	5,0	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,5	4,3	4,2	4,4	411,0
<b>Type 2. Pays où la consommation par habitant reste moyenne depuis les années 60 (disponibilité entre 20 et 40 kg/personne/an)</b>														
														1 328,7
Tchad	2,8	2,8	2,7	2,6	2,4	2,7	2,9	3,2	3,3	3,3	3,1	3,1	3,2	601,0
Nouvelle-Calédonie	5,3	5,6	4,1	3,8	3,6	3,7	3,7	3,7	3,5	3,3	3,1	3,0	3,2	17,5
Dominique	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,9	2,4	2,7	3,2	2,9	2,6	2,6	2,7	7,1
Sainte Lucie	2,1	1,5	2,4	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7	2,6	13,8
Haïti	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,9	2,4	2,2	2,2	689,3
<b>Type 3. Pays où la consommation par habitant était moyenne dans les années 60 ou 70 et est devenue faible</b>														
														1 611,9
Guadeloupe	3,3	3,1	2,4	3,1	3,1	1,8	1,0	1,3	1,3	1,1	1,4	0,7	1,2	41,3
Martinique	2,9	2,9	2,9	3,0	2,7	1,7	1,1	1,4	1,7	1,0	0,8	0,7	0,9	37,1
Saint Vincent	1,5	1,5	1,9	1,9	1,7	1,4	2,0	2,3	1,3	0,9	0,8	0,6	0,8	11,0
Barbade	5,4	4,4	4,4	5,0	2,4	2,2	2,0	1,4	0,8	0,8	0,7	0,4	0,7	26,0
Congo	2,7	2,8	3,3	3,3	1,6	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	244,3
Cameroun	1,6	1,6	1,6	2,4	2,8	1,7	1,4	1,1	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	1 252,2
<b>Type 4. Pays où la consommation par habitant est faible depuis les années 60 (disponibilité entre 5 et 20 kg/personne/an)</b>														
														12 745,9
Guinée (Conakry)	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,5	1,3	1,1	1,2	1,3	1,2	1,6	1,3	630,6
Fidji	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,7	0,4	0,8	0,7	0,5	0,7	75,8
Liberia	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,9	0,7	284,5
République démocratique														
Congo (ex-Zaïre)	0,4	0,4	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	4 123,1
Saint Christophe et Nieves	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,2	0,6	4,9
São Tomé et Príncipe	0,7	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	12,7
Panama	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	0,4	0,4	0,5	253,8
Ethiopie	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	3 719,2
Soudan	1,0	1,1	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	2 664,1
Burkina Faso	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	0,6	0,4	0,3	0,4	977,2
<b>Type 5. Pays où la consommation par habitant est très faible mais repérable (disponibilité &lt; 5 kg/personne/an)</b>														
Grenade	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	9,2
Venezuela	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2 091,3
Colombie	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	3 398,5
Burundi	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	602,6
Japon	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	12 467,0
Mauritanie	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	216,1
Mali	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1 013,5
République dominicaine	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	754,3
Antigua et Barbades	0,0	0,1	0,2	0,5	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	6,5
Brésil	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	15 648,6
Rwanda	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	755,4
Tanzanie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2 801,9
Philippines	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6 480,0
Trinité et Tobago	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	127,8
Portugal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	984,0
Macao	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,4

Source : Faostat.

## L'igname, un marqueur d'identités géo-culturelles

En Afrique et en Océanie, dans les régions traditionnelles de sa consommation, l'igname ne peut être seulement considérée comme un nutriment apportant simplement une grande part des calories nécessaires à l'alimentation humaine. Au contraire du manioc, du maïs ou du riz, d'introduction relativement plus récente dans l'alimentation, l'igname est un produit natif de ces régions et est ainsi profondément ancrée dans la culture de leur population. Chez plusieurs groupes ethniques, sa consommation est fortement ritualisée, régie, à chaque nouvelle récolte, par des cérémonies entretenant la cohésion des groupes sociaux et activant leur identité : les fêtes de l'igname (COURSEY et COURSEY, 1971 ; DEGRAS, 1986, GOODY, 1984). L'importance culturelle que revêt ce tubercule a plusieurs conséquences pour les orientations de recherche et de développement dans le domaine agro-alimentaire.

Parce qu'il est ancré dans les habitudes alimentaires de certaines populations, qu'il constitue un marqueur de leur identité, l'igname conserve cet avantage face à la concurrence d'autres produits amylacés moins marqués culturellement. Cela explique que ce tubercule, bien que parfois plus coûteux ou moins disponible que ses concurrents, continue d'être consommé en ville, même si c'est en moindre quantité qu'en zone rurale. Les différences de niveau de consommation d'igname selon l'origine géo-culturelle des citadins de Côte d'Ivoire illustrent cette situation (tableau II).

Cet attachement des consommateurs à l'igname se traduit par une connaissance empirique approfondie du produit, de ses caractéristiques diététiques et technologiques. L'igname est reconnue pour certaines propriétés médicinales ou recommandée pour certains régimes alimentaires. Les variétés sont non seulement distinguées du point de vue agronomique ou botanique mais aussi du point de vue culinaire. Certaines variétés ou cultivars sont ainsi reconnues pour leur aptitude à être pilées, d'autres pour leur aptitude à être séchées, etc. Par ailleurs, les caractéristiques de qualité d'un même type de préparation à base d'igname sont différentes d'un consommateur à l'autre. Au Nigeria par exemple, les Ibos n'apprécient pas la même consistance d'igname pilée que les Yoroubas. Sous un même nom générique, on trouve donc des produits spécifiques liés à des groupes géo-culturels. Ces savoirs et savoir-faire en matière de transformation et préparation de l'igname sont socialement valorisés : une bonne ménagère se doit de savoir préparer l'igname selon les règles culinaires de son groupe social et culturel d'appartenance. Cela permet de comprendre l'attachement des consommateurs aux produits domestiques ou artisanaux pour

**Tableau II.** Consommation d'igname selon l'origine géo-culturelle en milieu urbain de Côte d'Ivoire.

Origine géo-culturelle	Consommation en kg/personne/an
Ivoiriens	
Akan	52,9
Krou	20,2
Mandé-Nord	22,3
Mandé-Sud	17,3
Voltaïques	73,2
Non Ivoiriens	
Burkinabè	8,6
Maliens	10,2

(REQUIER-DESJARDINS, 1990).

lesquels est reconnue une maîtrise et un respect des savoir-faire culinaires et qui présentent des caractéristiques de qualité spécifiques à chaque groupe. Dans ce contexte, les avantages apportés par des produits de type traditionnel mais fabriqués industriellement (standardisation du produit, hygiène, suppression du travail de transformation), peuvent paraître peu attrayants pour les consommateurs. Cela est d'autant plus vrai si, d'une part, les caractéristiques de qualité organoleptique ne répondent pas parfaitement aux attentes et exigences des consommateurs et si, d'autre part, ces produits sont plus coûteux que les produits de référence domestiques ou artisanaux. C'est ce qui explique la pénétration limitée sur le marché des flocons d'igname industriels permettant de préparer instantanément le *foutou* ou l'igname pilée. En proposant un produit à la fois standardisé et affranchissant la ménagère du pilage, les industries espéraient obtenir l'adhésion des consommateurs urbains. Seul, une part réduite d'entre eux a jugé le surcoût de ces produits acceptable au regard de leurs avantages.

La connaissance empirique des propriétés des ignames pour leur utilisation alimentaire reste peu connue de la recherche. Un tel sujet d'investigation permettrait pourtant de mieux tenir compte des attentes spécifiques de qualité des consommateurs pour l'amélioration variétale ou la recherche technologique. Il pourrait, de plus, ouvrir de nouvelles voies d'utilisation de l'igname valorisant des propriétés spécifiques empiriquement reconnues, notamment du point de vue diététique, nutritionnel et médicinal.

## La consommation d'igname tend à s'élargir en Afrique

L'attachement culturel à l'igname de certaines populations se manifeste toujours en milieu urbain. Les groupes originaires des zones traditionnelles de production et de consommation de ce tubercule en consomment d'avantage que les autres (tableau II). Cela dit, la consommation d'igname ne reste pas can-

tonnée à ces seuls groupes, au contraire. On constate en effet, dans plusieurs pays, que la ville est un lieu d'introduction de ce tubercule dans l'alimentation de populations traditionnellement non consommatrices. En Afrique de l'Ouest, cette extension s'effectue aussi bien vers le sud, dans les villes côtières pourtant situées en général dans les zones de production de manioc, que vers le nord, dans les villes sahéliennes où ce produit s'introduit notamment par le biais de la petite restauration.

Ainsi à Cotonou, à Lomé ou à Abidjan, on constate que l'igname est consommée par des originaires de zones non productrices (BRICAS *et al.*, 1998 ; REQUIER-DESJARDINS, 1990). A Niamey, l'igname est encore considérée comme un produit de luxe mais les consommateurs placent ce produit en quatrième position dans la liste des aliments qu'ils souhaitent consommer davantage (CILSS, 1991). A Garoua (Nord-Cameroun), bien que cette ville soit située en dehors de la zone de production d'igname, 21 % des ménages interrogés en 1989 déclarent en consommer plusieurs fois par semaine ou tous les jours. Si les plus gros consommateurs de ce tubercule viennent du sud du pays où il est produit, les originaires des zones du nord, traditionnellement céréalières, commencent à l'introduire dans leur alimentation. L'igname est ainsi notamment utilisé par 27 % des Foulbés pour les préparations destinées à des invités et près de la moitié de ceux-ci déclarent souhaiter en augmenter la consommation (BRICAS et REQUIER-DESJARDINS, 1992).

Ainsi l'igname apparaît jouer un rôle de produit de diversification, tendance générale de l'évolution de l'alimentation, déjà démontrée par ailleurs en particulier dans les zones urbaines d'Afrique subsaharienne (BRICAS et SAUVINET, 1990 ; BRICAS, 1993).

## **Un aliment apprécié mais souvent cher sauf au sud-ouest du Nigeria et au Bénin**

Subissant la concurrence des autres amylacés comme le manioc, la banane plantain, le riz et le maïs, l'igname est en général moins consommée en ville en comparaison des zones rurales où elle est cultivée. Les données du tableau III illustrent ce phénomène.

Bien que ce tubercule soit très apprécié et que certains consommateurs y soient particulièrement attachés, sa compétitivité sur les marchés urbains est handicapée par plusieurs contraintes. Cela est particulièrement vrai dans les pays où les filières d'approvisionnement sont dominées par des flux de tubercules frais. La faible durée de conservation se traduit par de fortes variations saisonnières de disponibilité et par conséquent de prix. Les pertes post-récolte sont

parfois importantes et concernent à la fois le stockage et le transport durant lequel les tubercules sont partiellement abîmés. Le coût de transport et de commercialisation est élevé du fait de ces pertes mais aussi de la forte teneur en eau des tubercules.

Il en résulte que l'igname est un produit relativement plus coûteux pour le consommateur que d'autres amylacés de substitution. Le tableau IV présente quelques données sur les prix au consommateur des amylacés de base dans quelques villes africaines de pays producteurs d'ignames.

La comparaison des prix des produits amylacés doit être faite avec prudence. D'une part, les relevés de prix sont généralement publiés sans spécification sur les caractéristiques des produits concernés (variété, durée de stockage, niveau de qualité). Or, certaines enquêtes plus fines montrent qu'au sein d'une même gamme de produits, les prix peuvent être très sensiblement différents (DOUMBIA, dans cet ouvrage, le montre très bien pour les ignames à Bouaké). D'autre part, le consommateur ne choisit pas la base amylacée qu'il va acheter sur la seule base de son prix. Il intègre, dans son choix, le prix des autres ingrédients qui sont classiquement associés à cette base pour la préparation culinaire à laquelle elle est destinée. Autrement dit, le raisonnement du consommateur intègre également le coût de revient global de la préparation et l'effort financier qu'il est prêt à fournir en fonction de ses préférences et de la situation d'usage de la préparation (par exemple : repas du matin, du midi ou du soir, ou repas de fête).

En plus du handicap du prix relativement élevé, les tubercules frais nécessitent, pour leur utilisation en particulier sous forme de *foutou* ou d'igname pilée, un fastidieux travail de préparation que les ménages urbains rechignent parfois à effectuer. C'est d'ailleurs cette contrainte qui a conduit au développement par la recherche de produits instantanés de type flocons d'igname.

Cette situation qui prévaut dans la plupart des pays producteurs d'igname connaît cependant quelques exceptions qui méritent d'être soulignées et que constituent les cas particuliers du sud-ouest du Nigeria, du Bénin et, dans une moindre mesure du Togo. Sous le double effet de la demande urbaine et de la baisse de la fertilité des sols, s'est en effet développée dans cette région une filière marchande de cossettes d'igname précuites et séchées, fabriquées surtout à partir des variétés *kokoro* (du groupe *Dioscorea cayenensis-rotundata*) à petits tubercules. Ce développement s'est accompagné de la diffusion d'une préparation culinaire à base de farine de cossettes, l'*amala* et a permis de lever la plupart des contraintes rencontrées dans les filières dominées par les tubercules frais. Sous la forme de cossettes séchées, l'igname peut se conserver plusieurs mois, voire une année si les conditions de stockage permet-

**Tableau III.** Les différences ville/campagne pour la consommation d'igname.

Consommation en quantité	Rural en kg/personne/an	Urbain en kg/personne/an
Nigeria consommation/personne 1984-1986 <sup>(1)</sup>	11,0	6,2
Bénin Consommation/personne 1986-1987 <sup>(2)</sup>		
Nord	120	60
Centre	70	30
Sud	3	5
Cotonou		12
Togo Consommation/personne 1987-1988 <sup>(3)</sup>	58,4	25,7 (Lomé) 41,6 (3 principales villes) 53,7 (villes secondaires)
Côte d'Ivoire Consommation/personnes 1979 <sup>(4)</sup>		
Sud	60	27 (Abidjan)
Centre	350	115 (Bouaké)
Centre Ouest	210	70
Nord	180	60
Nord-est	350	115
Ouest	45	15
Sud-Ouest	90	30
<b>Consommation en valeur</b>	Unité monétaire/an	Unité monétaire/an
Haïti Enquête budget consommation 1986-1987 <sup>(5)</sup>	90 gourdes/ménage	73 gourdes/ménage
Nouvelle-Calédonie Enquête socio-économique Insee 1980-1981 <sup>(6)</sup>	30 500 F cfp/ménage	2 700 F cfp/ménage

(1). Source : WORLD BANK, 1989. Les données du Nigeria doivent être considérées avec la plus grande prudence. Le faible niveau de consommation d'igname tel qu'il apparaît dans l'étude utilisée semble contradictoire avec la simple estimation des disponibilités par habitant (24 à 60 kg/personne/an selon le mode de calcul durant la même période).

(2). Source : THUILLIER-CERDAN, 1996. Calculs effectués à partir de l'enquête budget consommation de 1986-1987.

(3). Source : DIRECTION DE LA STATISTIQUE, 1992.

(4). Source : ODOUNFA, 1990.

(5). Source : INSTITUT HAITIEN DE LA STATISTIQUE ET DE L'INFORMATIQUE, 1992.

(6). Source : INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES, 1982.

**Tableau IV.** Prix des produits amylacés de base dans quelques villes africaines de pays producteurs d'ignames.

	Cotonou Dantokpa <sup>(2)</sup> en F cfa/kg		Parakou (Bénin) <sup>(2)</sup> en F cfa/kg		Abidjan <sup>(3)</sup> en F cfa/kg N/kg	Villes du sud-est du Nigeria <sup>(4)</sup> en N/kg	Lagos <sup>(5)</sup> en N/kg	
	1995	1996	1995	1996	1994	1984- 1985	1990	1992
Igname frais	86	101	65	84	171		0,25	0,86
Igname équivalent sec	218	256	165	213	434	2,09	0,63	2,2
Cossettes d'igname			116	140				
Maïs	106	141	87	139	154	1,21	0,23	0,49
Riz local	236	325	248	288	230			
Riz importé ordinaire	277	316	279	334	175	2,66	0,62	
Semoule manioc <sup>(1)</sup>	120	158	135	173	153	0,54	0,25	0,47
Cossettes de manioc			64	95				

(1). Au Bénin et au Nigeria, les prix de la semoule de manioc correspondent à ceux du gari ordinaire ; à Abidjan, il correspond au prix de l'attiéké.

(2). Source : relevés de prix de l'Onasa.

(3). Source : relevés de prix Ocpv.

(4). Source : NWEKE *et al.*, 1994.

(5). Source : AFOUDA, 1994 d'après les relevés de prix de Apmeu.

tent d'éviter les attaques d'insectes. Il en résulte une meilleure régulation de l'offre sur les marchés urbains qui se traduit par des variations de prix moindres que pour les tubercules frais comme le montre la figure 1. Les coûts de transport sont également réduits puisque la matière sèche des cossettes atteint 90 % contre seulement 35 % environ pour les tubercules frais et compte tenu du moindre endommagement des tubercules à l'état sec. De ce fait, le prix au détail des cossettes se révèle nettement plus compétitif que celui de l'igname fraîche (figure 1 et tableau IV) pour un produit qui évite, de plus, le fastidieux travail de pilage. Les cossettes achetées le plus souvent en l'état sont réduites en farine par des concasseurs et des moulins motorisés qui se sont développés dans les quartiers urbains et sur les marchés.

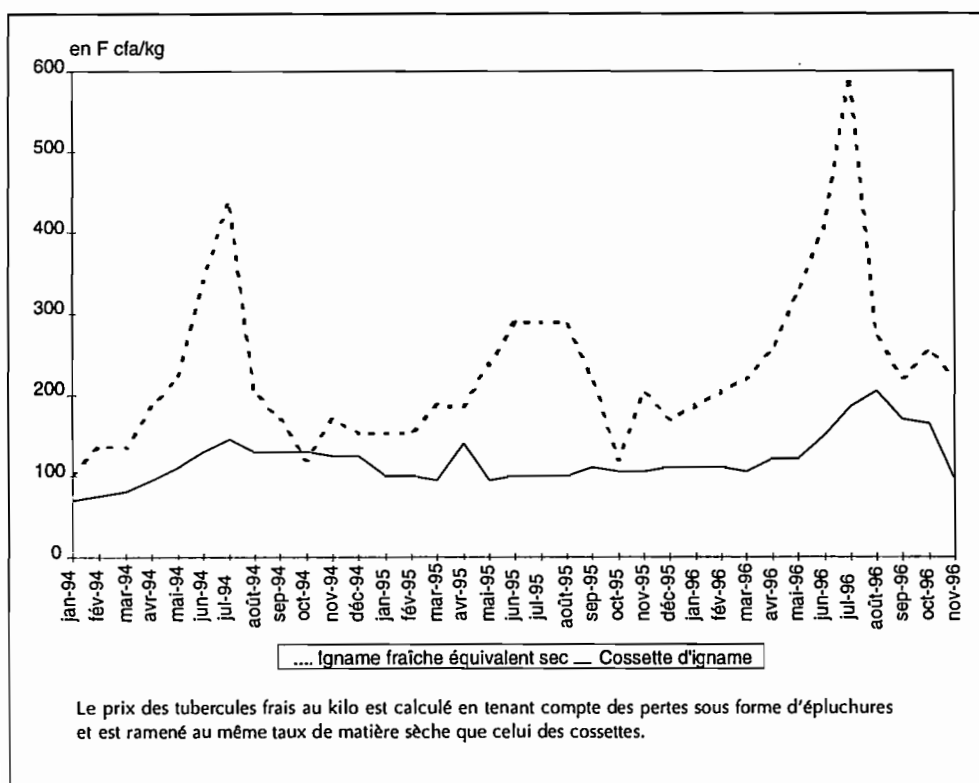
Dans les villes du sud-ouest du Nigeria, la pâte de farine de cossettes est ainsi devenue le principal aliment amylacé consommé. Ceci est confirmé par les résultats d'une enquête sur l'offre de la petite restauration urbaine (AFOUDA, 1994). A Cotonou, sa consommation dépasse désormais largement celle d'igname pilée ou d'autres formes de préparation à base de tubercules frais (tableau V).

Bien que présentant une coloration marquée (rose), cette préparation n'est pas considérée par tous les consommateurs comme un succédané de moindre qualité que l'igname pilée. Si cette perception est effectivement le fait de certains d'entre eux, il apparaît que l'*amala* est désormais davantage considéré

comme une préparation spécifique largement appréciée pour son goût, ses vertus diététiques, sa commodité d'usage et son caractère de produit de diversification (BRICAS *et al.*, 1998). Sous réserve d'une acceptation de ce produit par les consommateurs et d'une compétitivité de son prix par rapport aux autres amylacés, sa diffusion dans d'autres pays mériterait d'être étudiée et encouragée. Cette perspective constitue sans doute un des axes de recherche-développement les plus prometteurs pour la promotion de l'igname dans l'alimentation urbaine.

## Une consommation sous des formes peu diversifiées

D'une façon générale, l'igname fait l'objet d'un nombre relativement limité de types de préparations culinaires en comparaison des autres amylacés comme le manioc ou le maïs par exemple. La cuisson à l'eau de morceaux de tubercules permettant d'obtenir de l'igname bouillie ou de l'igname pilée, ou *foutou*, semble le type de préparation le plus fréquent. Deux autres modes de cuisson sont souvent mentionnés mais apparaissent limités à des situations de consommation particulières : le braisage et la friture. A noter que la fermentation apparaît très rarement utilisée pour transformer l'igname et qu'il n'existe que peu de produits de seconde transformation stables à température ambiante (à l'exception des



**Figure 1.** Evolution des prix des tubercules frais et des cossettes séchées d'igname sur le marché de Parakou (Bénin).



**Tableau V.** La fréquence de consommation d'igname pilée et d'*amala* en % des réponses.

	Lomé (Togo)		Cotonou (Bénin)		5 villes du sud-ouest du Nigeria	
	Igname pilée	<i>Amala</i>	Igname pilée	<i>Amala</i>	Igname pilée	<i>Amala</i>
Régulièrement	34	6	9	17	17	70
Occasionnellement ou jamais	66	94	91	83	83	30
Total	100	100	100	100	100	100

Source : BRICAS *et al.*, 1998

cossettes séchées). Si la diversité des savoir-faire culinaires existe sur le plan domestique dans certains pays, elle reste peu connue de la recherche et n'a, semble-t-il, été que peu valorisée. Dans chaque pays, l'igname ne semble consommée que sous un nombre limité de formes. Or, dans un contexte de diversification alimentaire recherchée notamment par les consommateurs urbains, cela peut constituer un handicap pour l'avenir de l'igname. Il y a, là encore, un enjeu important pour la recherche en technologie alimentaire. Cependant, l'amélioration ou la conception de produits à base d'igname et leur promotion ne peut s'affranchir d'une sérieuse analyse de leurs conditions d'acceptabilité, d'autant plus que l'igname est un produit fortement marqué culturellement. Ceci suppose que la consommation de ce tubercule soit mieux connue d'une façon générale.

## Conclusions et perspectives pour la recherche

La consommation de l'igname peut être considérée comme significative dans 31 pays du monde totalisant plus de 310 millions d'habitants. L'évolution de sa disponibilité alimentaire semble se faire, sous réserve de la validité des statistiques disponibles, selon des trajectoires très différenciées selon les pays. Globalement, la consommation par habitant de ce tubercule apparaît augmenter, en particulier dans le pays qui représente, de loin, le plus gros producteur mondial : le Nigeria.

Bien que son développement soit handicapé par plusieurs contraintes (durée de conservation limitée, prix élevé), l'igname est un produit amylicé de production locale qui dispose d'un fort potentiel pour l'alimentation des populations urbaines. Rappelons ici que selon des estimations récentes, les citadins devraient représenter 63 % de la population totale de l'Afrique de l'Ouest en 2020, soit environ 270 millions de personnes (MUKANDA-BANTU, 1994). La capacité des productions vivrières locales à satisfaire les attentes de ce marché en expansion rapide

constitue, de ce fait, un enjeu majeur. L'igname dispose d'un potentiel pour relever ce défi car elle reste, malgré ses handicaps, un produit apprécié et recherché par les consommateurs. Ceux des groupes géo-culturels où l'igname est un pilier de l'alimentation continuent d'en consommer pour activer leur appartenance identitaire dans un contexte urbain de brassage culturel. Ceux qui n'étaient pas traditionnellement consommateurs de ce tubercule l'adoptent progressivement comme un produit de diversification.

Dans ce contexte, et compte tenu des travaux de recherche antérieurs, plusieurs orientations peuvent être proposées pour la recherche :

- l'amélioration des statistiques nationales et régionales de production et de disponibilité alimentaire de l'igname. A l'instar de ce qui a été entrepris pour le manioc par exemple (travaux du Cosca-lita), il semble possible d'améliorer, sans trop d'investissements, la connaissance des volumes de production et de consommation d'ignames dans les différents pays producteurs ;
- l'amélioration de la connaissance sur les caractéristiques d'utilisation alimentaire des différentes variétés et cultivars d'igname, sur les savoirs et savoir-faire traditionnels en transformation et préparation culinaire des ignames, sur les attentes de qualité des consommateurs, notamment urbains, vis-à-vis des produits de ce tubercule ;
- la diversification des utilisations alimentaires de l'igname, tirant parti des ressources techniques existantes dans les pays producteurs par des échanges de savoir-faire entre ces pays, et par des recherches technologiques dans la perspective de mise au point et diffusion de nouveaux produits ;
- l'expérience accumulée par les opérateurs des filières des cossettes séchées au sud-ouest du Nigeria, au Bénin et au Togo, mérite enfin d'être adaptée et diffusée dans d'autres pays producteurs. Ces filières qui se sont développées spontanément face à l'urbanisation et aux contraintes agronomiques de production se révèlent en effet reproductibles et porteuses de solutions pour lever les contraintes qui limitent la consommation d'ignames en ville.

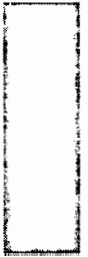
## Références bibliographiques

- AFOUDA A.S., 1994. Petites unités de transformation et évolution de la consommation des céréales et tubercules au Nigeria. Programme d'étude sur la dynamique des échanges agricoles entre le Nigeria et ses voisins. Iram-Inra-lares, Cotonou, Bénin, 49 p.
- BRICAS N., 1993. Les caractéristiques et l'évolution de la consommation alimentaire dans les villes africaines. In *Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales* MUCHNIK J. (Ed.). Paris, France, L'harmattan, p. 127-160.
- BRICAS N., REQUIER-DESJARDINS D., 1992. La consommation alimentaire à Garoua, synthèse de l'enquête de consommation auprès des ménages. Montpellier, France, Cirad-sar, 17 p.
- BRICAS N., SAUVINET R., 1990. La diversification de la consommation une tendance d'évolution des styles alimentaires au Sahel. In *Economie des filières en régions chaudes. Formation des prix et échanges agricoles*, GRIFFON M. (Ed). Actes du X<sup>e</sup> séminaire d'économie et de sociologie du Cirad. Montpellier, 11-15 septembre 1989. Cirad, Montpellier, France, p. 471-485.
- BRICAS N., VERNIER P., ATEGBO E., HOUN-HOUGAN J., MITCHIKPE E., N'KPENU K.E. et ORKWOR G., 1998. Le développement de la filière cossettes d'igname en Afrique de l'Ouest. Les Cahiers de la Recherche-Développement 44 (à paraître).
- CILSS, 1991. L'impact de l'urbanisation sur les modèles de consommation alimentaire de base au Niger. Cilss, lia, Dsi-ministère du Plan, Ouagadougou, Burkina Faso, 126 p.
- COURSEY D.G., COURSEY C.K., 1971. The new yam festivals of West Africa. *Anthropos* 66 : 444-484.
- DEGRAS L., 1986. L'igname : plante à tubercule tropicale, Paris, Maisonneuve et Larose, n° 36, 408 p.
- DIRECTION DE LA STATISTIQUE, 1992. Télégramme Enquête Budget Consommation n° 11. Les dépenses des ménages en milieu rural et dans les centres urbains secondaires. Résultats d'ensemble. Ministère du plan et de l'aménagement du territoire. Banque d'information permanente sur les conditions de vie des ménages (Bip), Lomé, Togo.
- GOODY J., 1984. Cuisines, Cuisine et classes. CCI, Centre Georges Pompidou, Paris, France, 405 p.
- INSTITUT HAITIEN DE LA STATISTIQUE ET D'INFORMATIQUE, 1992. Enquête budget-consommation des ménages (Ebcm) 1986-87, vol. I. Résultats. Tome 1. Ensemble du pays. Ministère de l'économie et des finances, Port au Prince, Haïti.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES, 1982. Enquête socio-économique Nouvelle-Calédonie 1980/1981., vol. I et II. Insee, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.
- MUKANDA-BANTU K., 1994. Description du peuplement de l'Afrique de l'Ouest, commentaire de la base de données. Étude des perspectives à long terme en Afrique de l'Ouest. Document de travail n° 1. Ocde, Cilss, Bad, Paris, France, 123 p.
- NWEKE F.I., OKORJI E.C., NJOKU J.E. et KING D.J., 1994. Expenditure elasticities of demand for major food items in south-east Nigeria. *Tropical Agriculture* 71 (3) : 229-234.
- ODOUNFA A, 1990. Typologie et stabilité des comportements alimentaires : une approche par les transferts élargis en Côte d'Ivoire. Thèse de troisième cycle. Université Paris X, Nanterre, France, 416 p.
- OSSWALD P., 1995. Economie des racines et tubercules. Analyse dans les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Solagral, Paris, France, 66 p.
- REQUIER-DESJARDINS D., 1990. L'alimentation en Afrique, manger ce qu'on peut produire. Khartala, Pusaf, Paris, France, 169 p.
- THUILLIER-CERDAN C., 1996. Organisation alimentaire urbaine au Bénin. L'approvisionnement de Cotonou en produits vivriers. Thèse de doctorat en géographie et pratiques du développement. Université Paris X, Nanterre, 269 p.
- WORLD BANK, 1989. Nigeria. Strategy for Agricultural Growth. Report n° 7988-UNI. World Bank, Washington, USA, 142 p.



Session I

# Les sociétés de l'igname





# L'igname (*Dioscorea* spp.) dans les sociétés des Amériques

L. DEGRAS

Hauteur Lézarde, 97170 Petit-Bourg, Guadeloupe

**Résumé** — Le Nouveau Monde est, de tous les continents, celui qui offre la plus grande diversité chez les *Dioscorea*. Mais, bien que les Amérindiens en aient utilisé beaucoup, il n'y a pas trace de grande civilisation américaine à base d'igname. Dans les Guyanes seulement, l'igname américaine *D. trifida* domine. Des plus sensibles au Yam Mosaic Virus, elle est en forte régression ailleurs où, depuis, l'endémicité de l'antracnose chez *D. alata* *D. cayenensis-rotundata* tend à être la plus importante. La production mondiale des Amériques serait passée de 3,2 %, en 1989 à 2,5 % en 1994. Mais les statistiques sont très imprécises. Les Antilles, avec un peu plus du dixième de l'Amérique tropicale en surface, donneraient plus de la moitié de sa production totale. Elles progresseraient, en moyenne, au rythme de la production mondiale, bien que les cyclones et les sécheresses y aient affecté souvent certaines îles. L'antracnose et les pressions de l'économie d'importation ont entraîné des régressions parfois significatives (Trinidad, Barbade). La consommation va de l'aliment de base saisonnier à la symbolique ethnoculturelle. Une tendance vers des exploitations semi-industrielles (certaines Petites Antilles, Costa Rica) émerge des systèmes polyculturels, microfundiaires et traditionnels encore prédominants. L'exportation extra-caribbe — encore importante pour certains pays (Brésil, Jamaïque, Costa Rica, Colombie) — est devenue largement intra-caribbe, ce qui implique des préoccupations nouvelles de compétitivité intra-régionale. Favorisée par des associations internationales liées aux universités et aux organismes de recherche et de développement, la coopération scientifique et technique a nourri, de 1967 à 1985 environ, une grande animation régionale, d'importantes introductions variétales et des publications de synthèse. Un nouveau souffle pourra lui être sans doute apporté par le symposium de 1997 de l'International Society for Tropical Root Crops qui, trente ans après, revient sur les lieux de sa naissance, à Trinidad.

**Abstract** — Yam (*Dioscorea* spp.) societies of the Americas. It is in the New World, amongst all the continents, that many varieties of *Dioscorea* can be found. But although the Amerindians used yam profusely, there exist no signs of a yam-based American society. The American *D. trifida*, one of the most vulnerable to the Yam Mosaic Virus, is prevalent only in Guyana,

and is disappearing elsewhere since the appearance of endemic anthracnose in *D. alata*. As a result, *D. cayenensis-rotundata* is becoming predominant. In 1989, the Americas' produced 3.2% of the world's yam, and in 1994, they had fallen to 2.5%. But statistics are very inaccurate. The West Indies cover a little over one tenth of the surface of tropical America and are believed to produce over half the area's global production. Their average follows the pace of the world production, despite damage induced by hurricanes or droughts. Anthracnose and pressure from imports have caused yam population regression (Trinidad, Barbados). The product is consumed as staple food in basic seasonal diets and in ethnic preparations, as well as in new recipes. A trend in favor of semi-industrial production (several Windward Islands, Costa Rica) is emerging from the still predominating multicultural and traditional systems. Extra-Caribbean exports remain important for some countries (Brazil, Jamaica, Costa Rica, Colombia), but have become widely intra-Caribbean, which raises the issue of intra-regional competitiveness. With the support of international associations working with universities and research and development organizations, between 1967 and 1985, scientific and technical co-operation has demonstrated regional leadership, worked on introductions and published synthetic reports. A new impulse will certainly arise from the 1997 Symposium of the International Society for Tropical Root Crops to be held, for the first time in thirty years, in its birthplace, Trinidad.

« Cette igname brisée qu'est ma terre natale »

Sonny RUPAIRE, 1982

## Introduction : la base botanique

Le Nouveau Monde est celui des plantes à tubercules. La pomme de terre, le manioc, la patate, le *Xanthosoma sagittifolia* (taro américain), le *Canna edulis* (arrow-root du Queensland) pour ne citer que celles cultivées dans l'Ancien Monde, en sont origi-

naires ; l'agriculture européenne n'en connaissait pas. Les dioscoréacées tubérifères (partiellement originaires de l'Ancien Monde) y ont leur aire de diversité majeure et qui, avec les *Rajania*, déborde le genre *Dioscorea*. La monographie de base des dioscoréacées, celle de KNUTH (1924) sur les 59 sections admises chez les *Dioscorea*, en décrit 41 entièrement américaines, dont 30 sur les 40 du sous-genre *Eudioscorea*. Quelques 300 espèces (sur les 616 *Dioscorea* spp. de KNUTH) seraient présentes rien qu'au Brésil (PEDRALLI, 1990).

Si l'on ne considère que les espèces de *Dioscorea* d'intérêt médicinal, les plus importantes proviennent des sections américaines *Apodostemon* et *Heterostemon*, quelques-unes de la section asiatico-nord américaine *Stenophora*.

Les peuples amérindiens, aux temps précolombiens, avaient un usage alimentaire de nombreuses espèces de dioscoréacées (BOIS, 1927 ; CHEVALIER, 1946 ; COURSEY, 1967 ; ZERIES, 1968 ; BRUCHER, 1989 ; PEDRALLI, 1990 ; CHU et FIGUEIREDO-RIBERO, 1991). Ont été récoltées ou protocultivées au Brésil, parmi les 24 espèces de *Rajania*, surtout *R. cordata* (aux Antilles aussi) ; chez les *Dioscorea*, *D. adnata* (Paraguay aussi), *D. altissima* (plus Guadeloupe et Martinique), *D. amazonum* (plus Guyane), *D. brasiliensis*, *D. campestris*, *D. cinnamomifolia*, *D. conferta* (plus le reste de l'Amérique du Sud), *D. lacerdaeii*, *D. sinuata* (plus Argentine et Paraguay), *D. trifoliata* (plus Pérou, Trinidad et Venezuela), et *D. tuberosa*. Ont été cultivées, dans toute l'Amérique tropicale continentale : *D. dodecaneura* ; en Amérique centrale continentale et à Trinidad : *D. convolvulacea*, dont l'implantation a été tentée en Afrique (DALZIEL, 1937) ; en Amérique centrale : *D. racemosa* ; au Brésil : *D. delicata*, *D. goyazensis*, *D. hastata* (au Paraguay aussi), *D. olfersiana*, *D. piperifolia* (plus Argentine, Colombie, Equateur, Pérou), *D. subhastata*, *D. triangularis* ; au Panama : *D. panamensis* et, sur l'ensemble de l'Amérique tropicale de basse altitude : *D. trifida*, la cousse-couche des Antilles françaises. Quelle que soit sa faible vraisemblance, il faut mentionner l'hypothèse de CANALS FRAU (1956) d'une origine de *D. trifida* par mutation de l'asiatique *D. alata*. Celle-ci aurait été introduite par des « paléo-malaysiens » dont seraient issus des peuples préhistoriques du nord de l'Amérique du Sud. L'existence, chez les supposés descendants actuels de ceux-ci, de désignations de *D. trifida* (*uhi*, *usi*, *usu*), qui dériveraient du nom malayen de *D. alata*, *ubi*, le prouverait. Pour cet auteur, le récit des colonisateurs ayant pénétré le continent avant 1550, mentionnant la présence de *D. alata* loin des côtes, où elle n'aurait pu arriver que vers 1525, conforterait sa thèse. Pourtant, ce que l'on sait ailleurs des possibilités de transfert de cultivar dans des sociétés, des milieux et sur des distances comparables, ne s'oppo-

serait pas à ce cheminement de l'ordre d'un ou deux milliers de kilomètres en moins d'un quart de siècle. L'existence locale d'espèces voisines de *D. trifida*, et celle d'espèces telle *D. altissima*, qui auraient pu prêter à confusion avec *D. alata* à cette époque de grande incertitude de la définition des espèces botaniques, fragilisent aussi l'hypothèse.

Si l'arrivée de *D. alata*, antérieurement à la colonisation, demeure peu probable, son introduction avec les navires de la Traite, dans les tout débuts du XVI<sup>e</sup> siècle, est certaine, comme celle de *D. cayensis-rotundata* et de la forme africaine de *D. bulbifera*. *D. esculenta* semble n'apparaître que vers la fin du XIX<sup>e</sup>. Enfin, en 1969, l'australienne *D. transversa* est venue parmi des introductions néocalédoniennes faites par l'Inra.

## L'igname dans les sociétés amérindiennes

Quelle qu'ait été la diversité des ignames alimentaires dans les sociétés amérindiennes passées ou actuelles, aucune de celles-ci ne leur aura accordé l'importance que plusieurs ont donné à la pomme de terre ou au manioc. Toutefois, ZERIES (1968) signale que la base alimentaire précolombienne des peuples du groupe Ge (Timbira, Akwa, Bororo et Calibi d'Amérique du Sud) n'aurait pas été le maïs, ni le manioc, mais les *Ipomoea* et les *Dioscorea*.

Les systèmes culturels actuels des Amérindiens les moins « acculturés » des tropiques humides (GRENAND, 1980 ; DESCOLA, 1986, 1993 ; SMOLE, 1989) participent tous de systèmes à base de plantes végétales.

Chez les Yanomami des montagnes du Parima (SMOLE, 1989), aux confins du Brésil et du Venezuela, dans les jardins, à base de banane plantain (dominante), de manioc (doux), de taro américain (*Xanthosoma*) et de maïs, les ignames (espèces non précisées) leur sont régulièrement associées. Chez les Jivaro de Haute-Amazone, en Equateur (DESCOLA, 1986, 1993), dans les jardins, où domine le manioc amer, les ignames —, essentiellement *D. trifida*, sont associées à une gamme de cultures vivrières analogue, augmentée de plantes médicinales et d'arbres fruitiers. Elles sont une douzaine de clones, aux désignations précises, moins abondantes en zones riveraines qu'en zones interfluviales, toujours disponibles car sans cesse replantées en plus de leur conservation dans le sol. Chez les Wayâpi du Haut-Oyapok, en Guyane française (GRENAND, 1980), une douzaine de clones de *D. trifida* (*kala*), au sarclage minutieux, un de *D. alata* (*kalau*) et un de *D. bulbifera* (*kala-tapia*) sont présents, mais pour moins d'une centaine

de plantes au total en général dans l'abattis, irrégulièrement associées au manioc amer. Plus de la moitié est en *kala*. De la quarantaine d'espèces de l'abattis, 5 ou 6 espèces ont sa fréquence. Le manioc a plus de 300 individus, le maïs entre 150 et 300, comme le tabac et le coton. Trente-quatre espèces sont à reproduction végétative. *D. alata* est récoltée en juillet, fin des fortes pluies, *D. trifida* sur les quatre mois suivants, en particulier les clones à parenchyme violet, utilisés bouillis, grillés et en soupe par les femmes et les enfants, et pour la bière *kalali*. A la différence du jardin yanomami — dont l'homme est le responsable —, le jardin des Jivaros Adsuar et celui des Wayâpi est un domaine géré par la femme après défrichage, elle peut y bénéficier du concours de l'homme. Elle peut y introduire des clones nouveaux, produits de troc, et en contrôler l'adaptation, magies aidant si nécessaire. L'essartage en rotation rapide (un à trois ans de culture, de préférence sur forêt ancienne) est la règle, mais les abords des villages ou de campements ont des éléments de jardin de case plus durables.

## L'igname dans les sociétés industrielles des Amériques

L'héritage de l'igname amérindienne alimentaire dans les sociétés américaines plus ou moins industrialisées est de plus en plus problématique quand on s'éloigne de l'aire de diversification primaire, le nord de l'Amérique du Sud.

### La Guyana, l'exception amérindienne

Seule la Guyana, dont le peuplement actuel est pourtant surtout de descendants d'Africains et d'Asiatiques, affiche une production d'igname fondée sur *D. trifida* (à 90 % des 2 447 t recensées) (WICKHAM, 1996). Le climat sub-équatorial y permet deux saisons de plantation, novembre-décembre et mai-juin, avec les récoltes respectivement en août-septembre et février-mars. Les petites exploitations en culture associée y prédominent. Mais de rares grandes exploitations, qui n'atteignent quand même pas les 50 ha, existent. L'exportation est négligeable. Les études de transformations agro-industrielles alimentaires diversifiées entreprises par GORDON (1987) ne semblent pas avoir été valorisées. Rappelons que les principales cultures alimentaires du Guyana étaient, dans les années 80, en ordre décroissant : la canne à sucre, le riz, le cocotier, les fruits, les tubercules, le plantain. Le manioc et le taro (*Colocasia*) y étaient plus importants que l'igname.

Dans la Guyane française, où la primauté de *D. trifida*, quoique victime des nématodes et de virose (BOEGLIN *et al.*, 1996), est encore possible, mais non inscrite dans des données chiffrées, l'impact de la colonisation et des vagues successives d'immigration antillaise se voit dans la fréquence de *D. alata* et dans la présence de *D. cayenensis-rotundata*, même chez les Amérindiens de la zone côtière (Galibi). Des projets de modernisation de la culture de l'igname, lancés ces dernières années, ne semblent pas avoir réduit significativement le rôle des abattis (jardins polyculturels traditionnels sur défriche manuelle de forêt ancienne) dans la production. Les créoles (Afro-Américains d'origine antillaise en majorité) y dominent. Ils sont parfois Sainte-Luciens, notamment à Saül (GELY, 1982), ou Haïtiens, de localisation diffuse. Vers le fleuve Maroni au Nord-Ouest, *bush negroes* (descendants d'esclaves enfuis) et Surinamiens sont nombreux. Les systèmes d'exploitation sont souvent marqués par ces origines. *D. trifida*, assez diversifiée, est parfois conduite en petite parcelle homogène.

### L'igname au Brésil

Le potentiel amérindien est méconnu au Brésil, société de production duale où, seule, la part d'économie industrielle est comptabilisée. De plus, l'igname est souvent ignorée des statistiques ou amalgamée avec *Colocasia esculenta* (RIERA *et al.*, 1997 ; UENO et DA SILVA, 1990). La collecte des ressources génétiques des dioscoracées, commencée en 1982 par le CENARGEN, confirme leur appauvrissement progressif (PEDRELLI, 1990).

La production d'igname alimentaire, avec seulement quelque 250 ha (produisant quand même environ 5 000 t) vers São Paulo, est concentrée surtout dans les parties les plus humides des Etats de Cearà, Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte et Bahia. Selon la FAO (1989, 1994), elle serait passée de 179 000, en 1979-1981, à environ 215 000 t en 1994 (200 000 dès 1988), soit un accroissement de 20 %. Or, selon MONDINI et MONTEIRO (1994), la période 1975-1988 a connu une réduction d'environ 20 % de la contribution des racines et tubercules à la consommation calorifique des villes du Nord-Est. Pour une interprétation correcte de ces faits, il nous manque les données détaillées et concernant notamment le manioc et la patate qui ont dû être très prédominants dans la ration. *D. bulbifera*, un peu, *D. esculenta*, davantage, contribuent à la production commerciale dominée par *D. alata* (*inhame* São Tomé) dans le Sud (où *D. opposita* se développe) et par *D. cayenensis-rotundata* (cv DA COSTA) dans le Nord-Este. Celle-ci y est tuteurée. Les mycorhizes (VAM) trouvées (MAIA et TRUFEM, 1990) dans sa rhizosphère et dans ses racines refléteraient une artifi-

cialisation relativement faible du système cultural. Les rendements seraient quand même de 20-25 t/ha. Et en dehors des cultures de subsistance, billonnage, entretien et récolte sont partiellement mécanisés, l'irrigation permet des disponibilités à contre-saison. *Curvularia ragrostis* (MICHEREFF *et al.*, 1994), le lépidoptère *Plusia oo*, en culture, *Penicillium sclerotigenum* (MOURA *et al.*, 1976), le coléoptère *Araecerus fasciculatus* en conservation et, à tout stade, les nématodes (SHARMA et EKARDT, 1979, MENEZES *et al.*, 1982, MOURA et MONTEIRO, 1995) y sont préoccupants. Dans le Sud, les exploitations irriguées, mécanisées et essentiellement commerciales, peuvent atteindre les 60 ha. Les sécheresses peuvent les affecter et surtout, les traitements de *D. alata* étant rares, un complexe fongique auquel la succession du cv Caipira, par Mimoso, puis Florido 29, a essayé de répondre. La vente de *D. alata*, des tubercules de 400-500 g, consommés par les descendants d'Africains et d'Asiatiques, ne dépasse pas 6 % des tubercules du marché de São Paulo. Dans le Nord, les ignames, en 1996, avec 17 %, viennent toujours loin derrière la patate (27 %) et la pomme de terre (56 %) dans la vente de tubercules (RIERA *et al.*, 1997). Il existe une exportation, faible, rapportée à la production — elle serait de l'ordre de 3 % sur 1985-1988 à partir des données de UENO et DA SILVA, 1990 —, mais importante pour le commerce international, puisqu'en 1989, elle couvrirait 44 % du marché du Royaume-Uni (SIOURAKAN-BADALOU, 1995). La France aurait reçu de 4 % (1985) à 11 % (1988) du tonnage exporté. Le matériel majoritairement exporté (Brazil White de Londres) serait *D. cayenensis-rotundata* (cv Da Costa), le Sud exportant peu de *D. alata*.

### Régression de la production, mais exportations colombiennes. Progression au Venezuela

Selon la FAO (1989, 1994), la production d'igname en Colombie serait passée de 143 000 t, en 1979-1981, à 44 000 en 1994. Bien qu'une information plus directe (LOPEZ, 1996) indique 60 000 t environ pour la même année, la régression est considérable. Serait-ce une conséquence de l'effondrement de *D. alata* (name *criollo*), décimée par l'anthracnose ? Il est vrai que *D. cayenensis ssp rotundata* (name *espino*) est donnée par LOPEZ (1996) comme la plus cultivée en 1994. *D. trifida* n'est pas mentionnée. La culture de *D. rotundata* s'étend de décembre-mai à août-octobre, celle de *D. alata*, d'avril-mai à décembre-mars. Les petites exploitations en culture associée prédominent mais les exploitations moyennes (de 5-6 ha) sont communes, également en culture associée. Il existe de rares exploitations de 8 à 12 ha. Des organisations professionnelles d'explo-

tants et des organismes urbains gèrent le marché, qui comporte une exportation de l'ordre de 25 000 t en 1994, soit 41 % de la production (LOPEZ, 1996), notamment vers la Grande-Bretagne (SIOURAKAN-BADALOU, 1995).

A l'inverse de la Colombie, le Venezuela aurait accru sa production, passée de 33 000 t en 1979-1981 à 56 000 t en 1994 (FAO, 1989, 1994), performance (+ 41 %) presque aussi surprenante que la régression colombienne. Il y existe un intérêt permanent pour *D. trifida* (mapuey) attesté par les études de sa conservation à basse température dès 1951 (CZYHRINCIW et JAFFE) et les recherches de 1993 sur sa variabilité intraspécifique sous infection artificielle de *Xanthomonas* (HERNANDEZ *et al.*, 1993). L'exportation de *D. alata* a concerné quelquefois la Guadeloupe.

### L'igname : culture d'exportation au Costa-Rica

En 1985, il n'était comptabilisé qu'une centaine d'hectares (BEALE, 1988) au Costa-Rica, basée sur le cultivar Antillano de *D. alata* (name *alado*). La présence de *D. trifida* (yampi) n'était cependant pas ignorée. Le programme de développement de systèmes de production fondés sur les tubercules et la banane plantain entrepris par le CATIE en 1980 (CATIE, 1984) a sans doute contribué à l'extension de la culture dont 1 100 ha produisaient 7 929 t en 1992, soit 7,2 t/ha, de *D. alata* surtout (RODRIGUEZ, 1994). A peu près la même surface (1 168 ha), en 1995, (SEPSA in MIATH, 1996) aurait produit 23 360 t, soit 20 t/ha, de *D. alata*, 309 ha donnant seulement 3 090 t (10 t/ha) de *D. trifida*. Comme il est fréquent, l'on reste perplexe devant les données, surtout de sources distinctes. Les statistiques, apparemment officielles, de SEPSA (MIATH, 1996) déclarent manquer de données pour 1992, et conduisent à 17,8 t/ha en 1991, 16,0 t/ha en 1993 et 1994, rendant moins improbables l'estimation, surprenante malgré tout, de 20 t/ha de 1995. La culture semble circonscrite à une zone très limitée des plaines du versant caraïbe, environ 2,3 % du pays (à partir de MIATH, 1996). Elle a bénéficié d'introductions du TARS de Porto-Rico (*D. alata* Florido et Kabusah et *D. rotundata* Guineo Negro notamment) parmi les 109 entrées en collection du CATIE. Une mission est venue étudier en Guadeloupe la mécanisation de la culture et en particulier la récolte semi-mécanisée. Envisagée au départ pour accroître les revenus des petits cultivateurs (CATIE, 1984), cette culture, à vocation commerciale, était réalisée en 1992 autant sur de véritables petites exploitations de 0,5-1 ha en culture associée que sur des exploitations de 2-3 ha. Toute la production en aurait été exportée

en 1992 (RODRIGUEZ, 1994), notamment en Grande-Bretagne où, selon SIOURAKAN-BADALOU (1995), il était rapporté 6 % du marché au Costa-Rica en 1989. Mais en 1996, le partenaire des importateurs de la Guadeloupe est une société qui gère, près de Guapiles, 35 ha répartis en 5 champs (MIATH, 1996) : 3 ou 4 plantations échelonnées sur l'année y permettent de couvrir les marchés d'exportation ; la protection phytosanitaire préventive y concerne l'antracnose, peu grave, et les nématodes, bien que *Scutellonema bradys* soit déclaré absent. La rationalisation du désherbage chimique (BEALE, 1985), du poids et du type du semencé (CATIE, 1994) avait fait l'objet d'études à Guapiles. Les parcelles de la société sont parfois récoltées semi-mécaniquement, après enlèvement des tuteurs, mais avec des pertes élevées. Le traitement post-récolte est soigné, mais le transport en container réfrigéré est parfois victime de trop basses températures. C'est essentiellement Kabusah qui est parvenue en Guadeloupe. Figurant dans les expérimentations de l'Inra vers 1985, elle y avait un comportement culturel et des qualités culinaires appréciés, inférieurs à ceux de Kinabayo, surtout à l'égard de l'antracnose.

## Les Petites Antilles, entre régression et exportation inter-caraïbe

À l'extrémité sud de l'arc antillais, Trinidad se singularise par le fait qu'elle est la plus grande des Petites Antilles (4 827 km<sup>2</sup>), qu'elle bénéficie de pétrole et de gaz déterminants pour son économie, que son peuplement est mi afro-antillais, mi hindo-antillais, qu'elle a le prestigieux héritage de l'Imperial College of Tropical Agriculture avec la faculté d'agriculture de l'UWI (FERGUSON, WILSON, 1986). Cet héritage l'a conduit à lancer l'International Society for Tropical Root Crops (1967) avec sa section caribéenne (1970), à contribuer à la création des CIRA (IITA, CIAT), à mettre en place, avec l'Inra, le groupe caribéen d'étude de l'igname (1974). Singularité paradoxale : Trinidad a connu l'un des effondrements les plus significatifs de la production de l'igname dans la Caraïbe : 3 682 t en 1978, production pas même comptabilisée en 1994 par la FAO. L'analyse de cette évolution (SEESAHAI, 1986) souligne les impacts conjugués :

- des importations alimentaires faciles et concurrentielles permises par le boom pétrolier (voir le Nigeria), induisant un changement de comportement alimentaire ;
- d'un coût de production supérieur de 50 à 100 % à celui des autres tubercules contre un prix peu différent (les aracées sont plus appréciées) ;
- de l'étroitesse de la préférence variétale (*D. alata* cv Lisbon) en dépit des collections étoffées de l'UWI ;

– de l'épidémie d'antracnose ;

– de l'insuffisance des recherches, structures et opérations de développement agricole adaptées. Il s'est ensuivi une importation en provenance d'autres Antilles qui y ont vu une manne, aujourd'hui en voie de réduction.

La Barbade est opposable à Trinidad par sa petitesse (431 km<sup>2</sup>), par le poids du tourisme dans le tertiaire, par le rôle très mineur du pétrole, par l'absence de recherches spécialisées avant 1975 et par une politique de développement agricole plus structurée en matière alimentaire (tentative de production industrielle de flocons d'igname de 1968 à 1977). Sa production d'igname est tombée de 6 867 t, dont 586 exportées, en 1978 (BRERETON, 1986), à environ 1 000 t, dont quelques-unes seulement exportées, en 1994. Le peu de succès des recherches appliquées, de la mécanisation des cultures à la production *in vitro* de plants sans virus (HAQUE et MANTELL, 1981 ; CHANDLER, 1989) s'explique par les raisons suivantes :

- la réduction des surfaces en igname liée à celle en canne à sucre où elle venait en intercalaire au début des cycles ;
- la consommation préférentielle de la pomme de terre importée (l'île en était dans les années 80 le plus gros importateur dans la Caraïbe anglophone) ;
- la succession désastreuse du syndrome viral des tâches internes brunes (IBS) et des épidémies d'antracnose ;
- l'étroitesse encore plus accusée de la préférence variétale (*D. alata* cv Crop White Lisbon, hautement sensible, est cultivée sur 80 % des surfaces, contrairement au cv Oriental très tolérant mais peu apprécié sur le plan culinaire, pas de *D. cayenensis-rotundata*) ;
- le développement des productions maraîchères.

L'ambitieux programme d'hybridation somatique et de transgénèse amorcé par MANTELL (1992), à Londres, sur des fonds de l'UE (partenaires Inra, ENITHP d'Angers, notamment) n'a pu conduire à une *Crop White Lisbon* résistante.

On retrouve, en Guadeloupe et en Martinique, les pressions des changements de modèle de consommation avec importation alimentaire agressive, mondialisation économique oblige. Même faible, l'importation d'igname (environ 600 t, en 1996, en Guadeloupe, pour une production locale alors de l'ordre de 6 000 t), devient régulière, non seulement de la Caraïbe, mais aussi du Loir-et-Cher. Certes, avant les sécheresses et les cyclones des dernières années, en dépit du contrôle insuffisant des nématodes, des viroses, de la conservation et du déficit croissant des sols en matière organique, la production guadeloupéenne, avec 10 à 13 000 t, paraissait revenir de son effondrement des années 78-80, dû à l'antracnose. Un mouvement de diversification et de modernisation culinaire accompagnait l'évolution



vers une culture semi-industrielle, perceptible dans la mécanisation de la préparation des sols, la fertilisation systématique, le désherbage chimique, la protection fongicide et insecticide, la culture à plat et la récolte semi-mécanisée des *D. alata*, les variétés et les densités de plantation adaptées à la commercialisation, et un début de traitement technologique (surgélation de fragments blanchis). On pouvait alors croire à l'efficacité pratique des recherches développées par l'Inra à partir de 1965 (DEGRAS, 1986, 1994), en dépit des problèmes structurels entre recherche, formation et développement aux Antilles-Guyane. Il faut souhaiter que la régression soit conjoncturelle.

Encadrées par un service de diversification de l'Oecs (Organisation des Etats de la Caraïbe orientale), dont le réseau igname avait, de 1984 à 1994, le conseil technique de l'Inra, d'autres Petites Antilles : la Dominique, St Vincent, un peu moins la Grenade et Ste Lucie, ont pu promouvoir l'igname comme source de devises à l'exportation et contribution à l'autosuffisance alimentaire (RAO, GEORGE 1986 ; SIOURAKAN-BADALOU, 1995). Ce réseau a contribué, entre autres, à la diffusion des tentatives de réponse variétale de l'Inra à l'antracnose (cvs *D. alata* Belep de Nouvelle-Calédonie, Kinabayo des Philippines, Plimbite d'Haïti, hybrides *D. rotundata* lita/Inra).

## Aux Grandes Antilles, de Cuba à la Jamaïque ou de l'igname possible à l'igname fondamentale

Les tubercules, à Cuba, sont plutôt la pomme de terre, le manioc, la patate, les aracées alimentaires, que l'igname, qui se trouve surtout dans la province d'Oriente, chez les descendants de Haïtiens et de Noirs en général. *D. trifida* y est exceptionnelle. Les possibilités de développement des cultures d'igname semblent limitées à Cuba.

Porto-Rico rappelle Trinidad par la régression de l'igname en dépit de l'investissement en recherche de niveau international de la Tropical Agriculture Research Station (USDA, Mayaguez) avec F.W. MARTIN (1972, 1976 ; 1974-1978 entre autres). Elle y a offert la première des collections mondiales sans qu'évolue à temps la composition locale des cultures, et une ouverture sur les transformations technologiques sans retombée industrielle. On croit y retrouver l'insuffisante cohésion entre recherche (surtout fédérale) et développement (organismes de l'Etat associé de Porto-Rico), la pression du modèle de consommation nord-américain et la nécessité de l'importation (IRIZARRY *et al.*, 1995). Les spécificités portoricaines sont l'igname, plus prisée que le manioc et les aracées alimentaires, les cultures pures, même en petite exploitation, la prééminence de *D. alata* cv

Florido jusqu'au début des années 80 (où la production était de l'ordre de 15 500 t) et la substitution partielle de *D. rotundata* cv Guineo blanco ou Habanero. La production de 11 950 t, de 1988, doit être suppléée par 3 335 t d'importation (IRIZARRY et RIVERA, 1990). Elle tombe à 10 545 t, en 1991, affectée par des rendements toujours faibles (terres pauvres et escarpées) et les intrants coûteux du système cultural (palissage, fumure, pesticides), la récolte étant toujours manuelle (HEPPERLY et VAZQUEZ, 1989 ; ORAMAS *et al.*, 1990). Elle serait descendue à 7 000 t en 1994 (FAO, 1994).

Comme partout où *D. alata* tenait un rôle important, en République dominicaine, à partir de 1978, où la production avait atteint 37 000 t, c'est l'effondrement (SIOURAKAN-BADALOU, 1995). Elle n'est plus que de 9 000 t, en 1994. Inféodée majoritairement à de petites exploitations enclavées des reliefs de l'Est, du Centre et du Nord-Est, à faible encadrement technique, la culture est en association avec le maïs ou le manioc. Manioc, patate et *Xanthosoma* faisaient déjà en 1984, respectivement, environ 20, 10 et 5 fois la production d'igname, et celle de la pomme de terre devait la dépasser. Mais 42 % de la production d'igname était exportée (PAREDES, 1986), surtout vers les Etats-Unis (SIOURAKAN-BADALOU, 1995), mais aussi vers la Caraïbe. Elle l'est aujourd'hui vers les supermarchés de la Guadeloupe, régulièrement en morceaux blanchis surgelés de *D. rotundata*, avec des entrées ponctuelles, contrôlées, de tubercules frais, après cyclones et sécheresses. Une *D. alata* cv Americano a fait brièvement illusion face à l'antracnose.

Bien que moins importante dans la production de Haïti que le maïs, le millet, le haricot, la banane plantain, la patate, le riz et le manioc, tout au moins dans les années 80 (BERNARDIN, 1991), l'igname y était valorisée par sa plus-value supérieure à celle des autres tubercules (TREMBLAY et PIERRE-JEAN, 1986). Elle serait passé de 135-130 000 t, en 1987-1989, à 212 000 t, en 1992-1994 (FAO, 1989, 1995), soit un accroissement de 40 % en cinq ans. Données erronées ou intervention accrue dans l'autarcie alimentaire de cette période de crise ? Les nécessités de la sécurité alimentaire par unité domestique génèrent des associations culturales binaires ou multiples avec toutes les cultures vivrières citées et les fruitiers, caféier, cacaoyer, etc. L'enclavement de nombreuses aires de culture (gros obstacle à la commercialisation) et la généralité des micro-exploitations, même si on en connaît d'assez conséquentes, favorisent une grande diversité intraspécifique (cf *D. alata* Plimbite de l'arrière-pays de Jérémie, valorisée par l'Inra dans les Petites Antilles). Mais l'appauvrissement variétal s'affirme là où la déforestation, l'érosion des sols, l'antracnose (repli sur les *D. alata* grossiers à bulbille), les vers blancs (*D. cayenensis-rotundata*



Guinée et Jaune moins décimés que les *D. alata*, les nématodes, et la réduction de la jachère, plus cyclones ou sécheresses, fragilisent l'écosystème. La semence se raréfie partout pour tenter de compenser la demande de consommation croissante. Une Organisation non gouvernementale lance la technique des *minisets* dans la péninsule sud (Jacmel).

La Jamaïque, avec 240 371 t, en 1995, (PRYCE, 1996), pourrait être absolument, et est le premier producteur d'igname des Amériques (environ 21 t/km<sup>2</sup>, 96 kg/habitant, Brésil : 25 kg/km<sup>2</sup> et 1,4 kg/habitant). Avec 7 165 t, en 1995, elle en est le premier exportateur. Ces 3 % de la récolte atteignent le troisième rang en valeur des exportations agricoles à la fin des années 80. Les services ministériels suivent en détail l'évolution variétale. Aujourd'hui, la culture est dominée à 90 % par *D. cayenensis-rotundata*, dont yellow yam pour 59 %. Ce cultivar fait 80 % de l'exportation, au lieu d'environ 25 % dans les années 70, inversant les proportions d'alors avec negro yam, victime de l'arrivée du brazil white sur les marchés ethniques des Etats-Unis (60 % de l'exportation jamaïcaine en 1990), de Grande-Bretagne ou du Canada (chacun 19 % des destinations). On voit les répercussions intérieures de cette exportation proportionnellement bien faible. Le marché de l'igname jaune est tenu sur l'année à partir de sept à huit plantations échelonnées. Mais, bien que la fertilisation, parfois subventionnée, y soit banalisée, le système cultural demeure traditionnel, en exploitations de 0,1-2 ha surtout, avec associations, buttes fréquentes, tuteurage élevé, investissement manuel intensif, et semences lourdes (sacrifice aux nématodes et pourritures). Il n'évolue que lentement, malgré l'ancienneté des techniques de lutte contre les nématodes (HUTTON *et al.*, 1978), le transfert par l'Italie, dès 1985, de la technique des *minisets*, au début avec 120 g à la place des 25-50 g de la théorie (CHIN SUE, 1992 ; WILLIAMSON et REYES-PACHECO, 1996), et la pression de l'exportation vers des tubercules au poids compris entre 0,5 et 2 kg (SIOURAKAN-BADALOU, 1995). Mais les prétendues semences issues de *minisets* atteignant 0,7 à 0,9 kg, sont déjà primées comme igname de consommation à l'exportation dès 1992.

## Les *Dioscorea* médicinales

Certaines n'appartiennent encore qu'aux médecines traditionnelles. Ainsi, en est-il, au Brésil, de *D. heptaneura* et *D. laxiflora* utilisées contre les dermatoses, mais aussi de *D. dodecaneura*, alimentaire, réputée anti-diabétique et cardio-tonique (CHU, FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1991), et encore aux Antilles, de *D. cayenensis-rotundata* cv igname Jaune, dont les feuilles peuvent intervenir en traitement post-parturition. Des essais de valorisation des traces de diosgé-

nine trouvées dans ce type de cultivar, par la recherche *in vitro* de callogenèse sélective à l'université de Porto-Rico, n'ont pas abouti.

*D. composita* (Mexique), *D. floribunda* (Amérique centrale), et *D. spiculiflora* (Mexique) sont les trois premières des sources mondiales de diosgénine végétale qui, aujourd'hui, par hémisynthèse, peuvent conduire à des corticostéroïdes et à des hormones sexuelles, dont celles à usage contraceptif. Toujours plus exploitées par collecte que par culture, elles n'ont plus le rôle essentiel joué avant 1975 dans la production mondiale de stéroïdes à vocation hormonale. Le prélèvement de *D. composita* (dans la région des Chiapas) et les royalties exigées par le gouvernement mexicain, ont été alors à l'origine de crises politico-financières qui ont conduit les multinationales pharmaceutiques à accélérer la mise au point du traitement de sources alternatives (DEGRAS, 1986).

## Remarques générales

Pour l'igname aussi, la rencontre des deux mondes a quelque chose d'un « ethnocide », aujourd'hui, où *D. trifida* paraît régresser rapidement face aux espèces de l'Ancien Monde, même si certaines aires continentales la privilégient jusqu'ici. Sa sélection sanitaire, vis-à-vis du *yam mosaic virus*, développée par l'Inra en Guadeloupe, suffira-t-elle à inverser le cours des choses sans que soit reprise son amélioration génétique ? Comme en témoigne la citation en exergue du poète guadeloupéen Sonny RUPAIRE, les descendants des ethnies africaines, en dépit de leur métissage culturel, disposaient, avec la mémoire du prestige de leurs ignames dans les civilisations Akan, Ibo, etc., du Golfe du Bénin, d'un puissant élément de reconnaissance alimentaire, sensorielle et culturelle, dont l'élaboration se perd dans la nuit des temps de la domestication de *D. cayenensis-rotundata*. Même si les conditions n'ont pas permis le transfert transatlantique du moindre élément des rituels des fêtes de l'igname de ces civilisations, pas même de la diversité des préparations culinaires, le monde américain est marqué de la profonde empreinte culturelle de l'igname africaine, et au-delà des dioscoréacées. Assez curieusement, c'est une *D. esculenta* qui est réputée dans le vaudou haïtien. Mais, celui-ci, bien que rattachable à des cultes béninois anciens comme la macumba du nord-est brésilien, n'intègre pourtant rien des festivals traditionnels de l'igname décrits par COURSEY (1980) pour le *yam belt* africain. A l'instar de l'Afrique où, semble-t-il, le terme *yam/nyam* recouvrait originellement toute nourriture, pour se fixer ultérieurement sur la nourriture par excellence offerte par ses *Dioscorea*, en Amérique, le vocable a été accolé à d'autres tubercules.

C'est pour cela que l'on trouve toujours aujourd'hui, en Amérique du Nord, dans les Etats du sud des Etats-Unis, le terme de *yam*, utilisé pour la patate, *Ipomoea batatas*, et en Amérique du Sud, dans les Etats du sud du Brésil, celui de *inhame* désignant le taro polynésien *Colocasia esculenta*.

La dormance plus longue des *D. alata*, la diffusion spontanée de certains de leurs clones par bulbille sont des facteurs de leur dispersion plus large que celle de *D. cayenensis-rotundata*. Des préférences locales ont pu jouer aussi. La diversité des relations des sociétés américaines avec ces ensembles spécifiques s'exprime dans leurs réponses à la crise de l'anthracnose. Celle-ci devient générale entre 1977 et 1984. Certaines sociétés, la Jamaïque en est le type, attachées encore à une diversité variétale au sein de systèmes polycultureaux, absorberont le choc en privilégiant le complexe africain, malgré son tribut plus important aux nématodes notamment. D'autres, la Barbade en est l'exemple, avec les habitudes sensorielles très étroites d'une base variétale standardisée, n'arrivent pas encore à se reconvertir.

Dans nombre de ces sociétés à composante afro-américaine, le rôle de l'igname, effectif (DURRANT, 1987) ou porté par l'imaginaire collectif, va faire émerger, dès les premières décennies de la décolonisation de la Caraïbe, en particulier dès que l'appareillage universitaire et technique le permettra, des préoccupations de recherche et d'étude approfondie. Elles sont manifestes dans les politiques de recherche-développement de Trinidad, UWI (Université des West Indies), Centre national de Centeno, Cardi (Caribbean Agriculture Research and Development Institute), de Barbade (Cardi Tissue Culture Laboratory, UWI), des Antilles françaises (Inra, Cirad-irad, université-développement agricole Caraïbe), de Porto-Rico (Usda Tropical Agriculture Research Station, université) et de Jamaïque (Uwil, Cardi, Inter-american Institute for Cooperation in Agriculture (Iica), avec des résultats hautement significatifs sur le plan intertropical. Il en sortira notamment des connaissances physiologiques sur la tubérisation, la croissance et la reproduction sexuée, des techniques de multiplication végétative, de culture *in vitro* avec relais en grande culture, la semi-mécanisation de la récolte, la collection et l'étude de ressources génétiques mondiales diversifiées, les premiers cycles de sélection sexuée, l'étude des parasitismes (virus, champignon, insecte, nématode) et des attaques de fourmi défoliatrice, la production industrielle de flocons, des approches de la qualité nutritionnelle (technologie culinaire, digestibilité, toxicité) etc., et, très logiquement, des monographies de base.

Les reculs de la production dans plusieurs pays et la fragilité des progrès pourraient témoigner d'une inadéquation, au moins partielle, des objectifs, voies ou moyens que les sociétés américaines donnent au

développement de la culture, de la commercialisation et de la valorisation alimentaire de l'igname. Avec bien des réserves sur la fiabilité en ce domaine des données de la Fao (1989, 1994), on relèvera que, globalement, la part des Amériques dans la production mondiale, déjà marginale en 1979-1981, environ 3 %, serait tombée à 2,5 % en 1994, après avoir atteint 3,2 % en 1989. La régression statistique tiendrait au progrès de la production mondiale, d'indice 129 en 1994 (base 100 en 1979-1981), et à la chute de la production de la Colombie, responsable de l'indice 88 de l'Amérique du Sud. L'Amérique du Nord (où est comptabilisée la Caraïbe) avec 127, demeurerait de l'ordre de grandeur de la progression de la production mondiale, en dépit de ses reculs sectoriels.

Les carences des acquis et des programmes actuels de recherche-développement en matière d'igname dans les sociétés d'Amérique font apparaître les principaux axes de la mise à niveau souhaitable. La méconnaissance des ressources génétiques mobilisables (ressources locales, collections institutionnelles, introductions à faire), est préoccupante, malgré des investissements certains (Inra, Iica, Usaid, Ipagri). La faible valorisation des acquis de F.W. MARTIN est tristement exemplaire de la discontinuité des liaisons spatio-temporelles entre partenaires institutionnels régionaux de la connaissance et du développement de la culture des ignames. L'absence en Amérique de programme d'amélioration génétique fondamental et conduit en réseau est notoire. Un tel réseau a fait défaut à Porto-Rico pour les *Dioscorea* médicinales, à Trinidad, pour *D. trifida* (CAMPBELL et GOODING en 1962 et HENRY en 1967), en Guadeloupe pour *D. trifida* (1966-1980 environ) et pour *D. cayenensis-rotundata* (depuis 1983, trop faibles et courtes liaisons avec le Nigeria (Iita, Ncri), la Côte-d'Ivoire (université, Cirad), à peine un contact avec le CTRI de l'Inde). Au-delà des progrès dans la production de plants, culture *in vitro* incluse (Inra, Cardi, Uwi, Fao, Cee, Iita), l'insuffisante valorisation des biologies variétales est aggravée par la méconnaissance de nombre d'éléments de la biocénose agraire dont les mycorhizes, les pollinisateurs et les parasites (exemples : *quid* des vers blancs ? De l'évolution pluriannuelle des *inoculi* d'anthracnose ?). Des institutions citées ont pu aussi accroître l'adaptation écologique mais non étudier l'alimentation hydrique, déficit, excès et irrigation compris. Sur le plan des approches socioculturelles, les études des options paysannes dans l'appropriation des techniques proposées par les institutions, et des comportements urbains/ruraux concernant l'igname au sein de l'évolution générale vers un modèle de consommation qui paraît mal l'intégrer, sont urgentes. Pour ces dernières études, les vues réductrices dans la gestion des recherches rentables en région tropicale cesseront-elles de prévaloir ? Enfin, sur le plan de l'édition, en

dépité des efforts de l'Inra, de l'Orstom, d'éditeurs locaux et d'éditeurs d'Europe, appuyés par l'Acct ou le Cta, il y a encore de la place pour beaucoup. Dans notre aire, du grand public aux décideurs, la conscience est insuffisante de ces handicaps de la connaissance scientifique et technique de l'igname. Il faut donc accroître l'efficacité de l'information des partenaires, domestiques et étrangers, sociaux, techniques, économiques et politiques, du développement voulu. Certes, financements, structures et personnels y font défaut à l'échelle nécessaire. Mais leur coordination, et surtout l'implication renouvelée d'institutions internationales/nationales citées, appuyées sur des pays développés, coordination et implication encore trop ponctuelles, trop sectorielles, permettraient de surmonter ces handicaps. Une partie de la solution ne viendrait-elle pas de la création d'un pôle international d'information et d'animation scientifique ? Pourquoi pas une société internationale des chercheurs et techniciens de l'igname, aux réunions périodiques adaptées à la réflexion sur les programmes en réseau, sur les informations-clés et les recommandations à promouvoir auprès des instances concernées ? C'est à Trinidad, on le rappelle, qu'en 1967, à partir du premier symposium international sur les cultures de tubercules tropicaux, a été conçu l'Istrc. Le dynamisme régional consécutif en matière d'igname, sur les deux décennies suivantes au moins, incline à faire de la création de cette nouvelle société un temps fort du prochain symposium de l'Istrc, revenant trente ans après sur les lieux de sa naissance.

## Références bibliographiques

BEALE A.J., CALDERON G., CORTES J., ROJAS C. E., 1988. Studies on the critical periods of weed competition in yam (*Dioscorea rotundata* Poir. and *D. alata* L.) in VIIIth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops proceedings. Gosier, Guadeloupe, 1-6 July 1985. Paris, France, Inra, p. 269-284.

BERNARDIN E.A., 1991. L'espace rural haïtien. Port-au-Prince, Haïti, Editions des Antilles, 410 p.

BOEGLIN M., LABONNE G., DEGRAS L., QUIOT-DOUINE L., QUIOT J.B. 1996. Mise en évidence de la présence du virus de la mosaïque de l'igname (*Dioscorea trifida*) en Guyane. In C. R. du 29<sup>e</sup> congrès annuel de la Société caraïbe des plantes alimentaires. Martinique, juillet 1993. Lamentin, Martinique, AMADEPA, p. 263-271.

BOIS D., 1927. Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges. Tome I. Paris, France, Lechevalier, 593 p.

BRERETON L., 1986. Root and tuber crops in Barbados. In Root Crops Production and Research in the Caribbean, Regional Workshop Proceedings, Guade-

loupe 9-10 July, 1985. Cali, Columbia, CIAT, p. 19-30.

BRUCHER H., 1989. Useful plants of neotropical origin and their wild relatives. Germany, Springer Verlag, 296 p.

CAMPBELL J.S., GOODING H.J., 1962. Recent developments in the production of food crops. Trop. Agric., Trinidad, 39 (4) 261-270.

CANALS FRAU S., 1956. Las Dioscoreas cultivadas (ñames) y su introducción en el nuevo mundo. Runa, 28-42.

CATIE (Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza), 1984. Proyecto Sistemas de producción basados en raíces tropicales y plátano, informe de progreso, Abril 1983-Abril 1984. Turrialba, Costa Rica, 59 p.

CHANDLER F.L., 1989. Guide to maintaining a good quality yam crop. Factsheet, PP/F-7.89, June 1989. CARDI.

CHEVALIER A., 1946. Nouvelles recherches sur les ignames cultivées. Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale 26 (279-80), p. 26-31.

CHIN SUE H., 1992. Improved technology for yam production. Kingston, Jamaica, IICA, 9 p.

CHU E.P., FIGUEIREDO-RIBEIRO R.C.L., 1991. Native and exotic species of *Dioscorea* used as food in Brazil. Economic Botany 45 (4) 467-479.

COURSEY D.G., 1967. Yams. Longmans. London, UK, 230 p.

COURSEY D.G., 1980. The interactions of yam and Man. L'igname. Séminaire international, Guadeloupe. Colloque Inra, 13-26.

CZYHRINCIW N., JAFFE W.G., 1951. Chemical changes during storage of roots and tubers. Archivos Venezolanos de nutrición 2, 49-67.

DALZIEL J.M., 1937. The useful plants of West Tropical Africa. Crown Agents, London, UK.

DEGRAS L., 1986. L'igname. Paris, France, Maisonneuve et Larose, 408 p. Traduction 1993, The Yam, London, UK, Mc Millan.

DEGRAS L., 1994. L'igname. Paris, France, Maisonneuve et Larose et Centre technique de coopération, 133 p.

DESCOLA P., 1986. La nature domestique. Maison des sciences de l'homme, Paris.

DESCOLA P., 1993. Les lances du crépuscule. Plon, Paris, France, 508 p.

DURRANT N., 1987. La prééminence des racines et tubercules dans l'alimentation des peuples des Caraïbes. Le Courrier 101, janvier-février 1989-1991.

FAO, 1989, 1994, 1995. Annuaire de la production. Rome, Italie.

- FERGUSON T.U., 1986. Root and tuber crops in the Caribbean. In Root Crops Production and Research in the Caribbean, Regional Workshop Proceedings, Guadeloupe, 9-10 July 1985. Cali, Columbia, CIAT, p. 191-219.
- FERGUSON T.U., WILSON L.A., 1986. Root and tuber crop programs at the University of the West Indies. Root Crops Production and Research in the Caribbean, Workshop Proceedings, Guadeloupe, 9-10 July 1985. Cali, Columbia, CIAT, p. 185-189.
- GELY A., 1982. La polyculture vivrière en Guyane française. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle. Toulouse, France, 214 p.
- GRELAND P., 1980. Introduction à l'étude de l'univers Wayâpi. Paris, France, SELAF, 331 p.
- GORDON E.M., 1987. Non traditional utilization of some common tropical tuber crops (with reference to experience in Guyana). 2<sup>nd</sup> Caribbean Regional Workshop on Tropical Root Crops. UWI. St Vincent, Caraïbe, 27 p.
- HAQUE S.Q., MANTELL S.H., 1981. Status of the virus diseases of yams (*Dioscorea* spp.) in the Commonwealth Caribbean. In Séminaire sur l'igname, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France, Inra, juillet 1980, p. 85-92.
- HENRY V.C.R., 1967. Studies on botanical and agronomic characteristics in cush-cush (*Dioscorea trifida*). Thèse Mc Gill University, Montréal, Canada.
- HEPPERLY P.R., VAZQUEZ F., 1989. Tropical yam (*Dioscorea* spp.) performance in western Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto-Rico 73 (2), p. 133-139.
- HERNANDEZ Y., TRUJILLO G.E., LUCIANI J.F., 1993. Metodología de inoculación para la evaluación de genotipos de *Dioscorea trifida* L. a *Xanthomonas* sp. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela 19 (1) 75-86.
- HUTTON D.G., COATES-BECKFORD P.L., JONES A.G., BRATHWAITE C.W.D., 1978. Effect of various treatments for nematode control on early growth of yams. Nematropica 8 (2), p. 6.
- IRIZARRY H., RIVERA E., 1990. A low input management system for the efficient production of Binugas Yam (*Dioscorea alata*) on steep land. Proceed. 26th Annual meeting CFCS, Puerto Rico (Isabela), p. 447-452.
- IRIZARRY H. et al., 1995. Nutrient uptake and dry matter yield in the Gunung yam (*D. alata*) grown on ultisol without vine support. Journal of Agriculture of the University of Puerto-Rico 79, 3-4, p.121-130.
- KNUTH R., 1924. Dioscoreaceae, in ENGLER A., Das Pflanzenreich Regni vegetabilis conspectus, IV, 43. Leipzig, Deutschland, Engelmann, p. 1-387.
- LOPEZ A.J., 1996. Some data on the situation of the yam in the Caribbean and Latin America (Colombia). CORPOICA c/o CIAT, Cali, Colombia, 1 p.
- MAIA L.C., TRUFEM S.F.B., 1990. Fungos micorrizicos vesículo-arbusculares em solos cultivados no Estado de Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 13, p. 89-95.
- MANTELL S. H., 1992. Development of anthracnose disease resistance in *Dioscorea* yams using somatic cell fusion techniques. Second Annual report, 1991, EEC Research Contract TS2 0117 (EDB). Ashford, Kent, UK. UAPS, Wye College, University of London.
- MARTIN F.W., 1972. Los ñames medicinales y su mejoramiento. Primer Seminario Internacional sobre los Dioscoreales. Instituto Nacional de Investigación Forestal. Mexico, p. 93-107.
- MARTIN F.W., 1976. Selected yam varieties for the tropics. In Proceedings 4th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Cock J. and McIntyre ed. IDRC-CIAT, Cali, Columbia, p. 44-49.
- MARTIN F.W., MARTIN et al., 1974-1978. Tropical yams and their potential. Part 1-6. USDA Agricultural Handbooks n° 457, 466, 495, 502, 522, 538.
- MENEZES A.M.B., LIMA A.A., TEIXEIRA L.M.S., SIVEIRA L.F.S., 1982. *Scutellonema bradys* em tuberas de inhame destinadas à exportação. In Reunio Brasileira de Nematologia, 6a, Fortaleza, CE. Resumos, Sociedade Brasileira de Nematologia/UFC, p. 17.
- MIATH B., 1996. Rapport de mission au Costa Rica, 24-27 juin 1996. Abymes, Guadeloupe. Service de la protection des végétaux, 5 p.
- MICHEREFF S.J., SILVEIRA N.S.S., REIS A., MARIANO R.L.R., 1994. Epiphytic bacteria antagonistic to *Curvularia* leaf spot of yam. Microbial Ecology, 28 p.
- MONDINI L., MONTEIRO C.A., 1994. Mudanças no padrão de alimentação da população urbana brasileira (1962-1988). Revista de Saúde Pública 28, (6) 433-439.
- MOURA R.M., MONTEIRO A.R., 1995. *Pratylenchus coffae* on yams in Brazil. Fitopatologia brasileira 20 (2) 256-257.
- MOURA R.M., RIBEIRO G.P., COELHO R.S.B., 1976. *Penicillium sclerotigenum* Yamamoto principal fungo causador de podridão em tuberas de inhame (*Dioscorea cayenensis* Lam.) no Estado de Pernambuco (Brasil). Fitopatologia Brasileira Jun 1 (2) 67-76.
- ORAMAS G., RODRIGUEZ J., GONZALEZ A.L., 1990. Effect on yam (*D. rotundata* Poir.) of soil spray and seed treatment with the nematicide-insecticide oxamyl L, and oil treatment with phenamiphos 15 G. Journal of Agriculture of the University of Puerto-Rico 74 (2) p. 103-110.
- PEREDES (DE) M. R., 1986. Raíces y tubérculos en República Dominicana. In Root Crops Production and Research in the Caribbean, Regional Workshop Proceedings, Guadeloupe 9-10 July, 1985. Cali, Columbia, CIAT, p. 123-133.

- PEDRALI G., 1990. Collecting yam germplasm in Brazil. *Ressources génétiques végétales*, Bulletin, IBPGR/FAO. 83/84, p. 22.
- PRYCE M., 1996. Some data on the situation of the yam in the Caribbean and Latin America (Jamaica). Kingston. Min. Ag., 1 p.
- RIERA L., CEREDA P.M., CHUZEL G., OSPINA M.T., CALAZANS DE LIMA C.L., SANTIAGO A.D., 1997. L'igname au Brésil. CERAT UNESP. Séminaire L'igname plante séculaire et culture d'avenir, Montpellier, France, 3-6 juin 1997, 33 p.
- RIVAG, 1996. Some data on the situation of the yam in the Caribbean and Latin America (Costa-Rica). San José, Costa Rica, CATIE, 1 p.
- RODRIGUEZ W., 1994. Las raíces y tubérculos tropicales como alternativa de producción en Costa Rica. *Boltec* 27 (1) 67-79.
- RUPAIRE S., 1982. Cette igname brisée qu'est ma terre natale. Paris, France, Editions caribéennes, 62 p.
- RAO M., GEORGE C., 1986. Evaluation of cultivars of White yam (*Dioscorea alata*) for yield, anthracnose and cooking quality in St Lucia. *In* Yam Experimentation Methodology Workshop, May 21-23, Guadeloupe. Inra, 12 p.
- SEESAHAI A., 1986. Root crop production in Trinidad and Tobago. *In* Root Crops Production and Research in the Caribbean, Regional Workshop Proceedings, Guadeloupe, 9-10 July 1985. Cali, Columbia, CIAT, p. 245-249.
- SHARMA R.D., EKHARDT, 1979. Incidência de nematoides fitoparasitas no Estado do Amazonas, Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 4 (1) 151.
- SIOURAKAN-BADALOU P., 1995. Yam of the Caribbean. Mémoire de maîtrise, université Blaise Pascal, UFR langues appliquées et communication, option industries agro-alimentaires. Clermont-Ferrand, France, 202 p.
- SMOLE W. J., 1989. Yanoama horticulture in the Parima highlands of Venezuela and Brazil. *Advances in Economic Botany* 7, 115-128.
- TREMBLAY A., PIERRE-JEAN L., 1986. Les racines et tubercules en Haïti. *In* Root Crops Production and Research in the Caribbean, Regional Workshop Proceedings, Guadeloupe, 9-10 July 1985. Cali, Columbia, CIAT, p. 81-99.
- UENO L.H., DA SILVA J.R., 1990. Fontes de suprimento, estacionalidade e exportação de inhame, 1983-1988. *Informacoes Economicas* 20, (6) 9-17.
- WICKHAM C., 1996. Some data on the situation of the yam in the Caribbean and Latin America (Guyana). Georgetown, Guyana, CARDI, 1 p.
- WILLIAMSON V., REYES-PACHECO A., 1996. Will small yam farmers in Jamaica adopt the mini-sett technology ? 32nd Annual Meeting Caribbean Food Crops Society. Honduras (Zamorano), Abstracts, p. 17.
- ZERES O., 1968. The South American Indians and their culture. *In* Biogeography and Ecology in South America. FITTKAU E.J. et al. Ed., The Hague, Junk. Vol I, p. 329-388.



# L'igname en Nouvelle-Calédonie

G. PAITA

Conseil coutumier, 68, avenue James Cook, BP 257, 98847 Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Je vais faire une présentation générale de ce que nous entendons par l'igname, chez nous, en Nouvelle-Calédonie. Ce séminaire nous a fait venir parce que, chez nous, en ce moment, nous sommes en train d'essayer de refaire vivre l'histoire ancienne où l'igname était une base coutumière. Elle reste aujourd'hui base coutumière mais, avec la colonisation, une perte a été constatée et, de plus en plus, les jeunes générations s'abstiennent de cultiver les champs d'igname. Je voudrais, en quelques mots, vous résumer notre histoire.

Mesdames et messieurs, je vous remercie vivement de donner la parole au Conseil coutumier de la Nouvelle-Calédonie que j'ai l'honneur de représenter ici. En effet, c'est le Conseil coutumier qui a lancé l'idée de créer un conservatoire de l'igname. C'est aussi le Conseil coutumier qui en assurera le lancement et le suivi.

Pourquoi un conservatoire ?

Pour expliquer ce choix, il me paraît essentiel de rappeler le lien étroit qui a toujours existé entre le Kanak et sa terre, la confusion mythique entre la génération humaine et la reproduction des plantes, celle de l'igname tout particulièrement. Dans la symbolique coutumière, c'est au travers de l'igname que renaît la

vie des ancêtres. Manger l'igname, c'est bien sûr se nourrir mais c'est surtout une communion. La colonisation de peuplement s'est traduite par la perte de nos terres ancestrales et par un déclin démographique catastrophique pour la société kanak de la Grande Terre. Ces deux faits expliquent à eux seuls la déperdition des espèces d'ignames qui étaient cultivées dans nos différents terroirs. On comptait plus de trois cents espèces au début de la colonisation. Il n'en demeure plus que cent quarante aujourd'hui. Vous comprendrez alors pourquoi nous sommes très attachés à la réalisation de ce conservatoire. Le peuple kanak s'est ressaisi, il veut retrouver son terroir ancestral, il veut retrouver et par là préserver le patrimoine actuel, voire reconstituer le patrimoine originel. Ce cadre et ces espèces font partie du patrimoine génétique et culturel du peuple kanak et traduisent en quelque sorte son instinct de conservation.

De ces quelques mots, je voudrais simplement que vous reteniez ceci : le concept sur lequel repose le conservatoire de l'igname est essentiellement culturel, il est exempt de toutes prétentions économiques et commerciales.





# L'igname dans les cérémonies politico-religieuses de l'aire culturelle akan

C.H. PERROT

37, rue Damesne, 75013 Paris

**Résumé** — L'igname, aujourd'hui, n'occupe plus quantitativement qu'une place réduite dans l'alimentation des peuples Akan, étant remplacée par la banane plantain et le manioc. Cependant, l'igname tient un rôle central dans la civilisation akan. L'aire culturelle akan comprend le quart sud-est de la Côte d'Ivoire (Anyi, Baoulé...) et la majeure partie du Ghana (Ashanti, Fanti...). Des rituels périodiques (*odwira* ou *apairam*, fête de la purification) clôturent chez les Ashantis l'année écoulée et ouvrent l'année nouvelle. Ils renouvellent et revigorent les liens entre les hommes et les invisibles (ancêtres, déités, etc.) et ont pour effet de permettre à la population de consommer l'igname de la nouvelle récolte, après qu'elle ait été offerte aux ancêtres. Les séquences de cette cérémonie sont décrites au début du XIX<sup>e</sup> siècle dans la confédération ashantie par des témoins européens. A cette époque, les fonctions de la fête étaient multiples, religieuses mais aussi économiques, politiques, idéologiques, l'*odwira* apparaissant comme un phénomène social total. Aujourd'hui, la célébration de la « fête de l'igname », comme on la nomme en français, connaît des changements importants de durée, de date. La séquence capitale reste celle de l'offrande d'igname sur les sièges ancestraux, suivie du sacrifice de mouton et de bœuf, mais nul n'attend plus que ces rituels soient accomplis pour consommer l'igname nouvelle. Les fonctions économiques et politiques ne sont plus que l'ombre de ce qu'elles étaient. Cependant, dans le contexte de l'Etat moderne, la fête est pour ses participants l'occasion d'un ressourcement identitaire.

**Astract** — **Yam in political and religious ceremonies in the Akan culture.** Today, Akan populations have greatly reduced the quantity of yam consumption, in favor of plantain bananas and cassava. However, the role of yam remains central to the Akan civilisation. The Akan cultural scope covers the South-East region of the Côte d'Ivoire (Anyi, Baoulé...) and the larger part of Ghana (Ashanti, Fanti...). Periodical ritual ceremonies (*odwira* or *apairam*, ritual of purification) are the traditional year-end celebrations of the Ashanti, to renew and strengthen the ties between human beings and invisible forces (ancestors, gods, etc.) and to consume the newly-harvested yam, after offering to the ancestors. At the beginning of the XIXth century, European observers described the ceremonial stages in the

Ashanti Confederation. At that time, the ceremony was religious as well as economic, political, ideological, and the *odwira* was considered to be the « ultimate social phenomenon ». Today, the celebration of the « fête de l'igname » as the French call it, has undergone many changes, in terms of its duration and dates. The main stage remains that of the offerings of yam placed on the ancestral seats, followed by the sacrifice of the lamb and cow, but no one waits for the accomplishment of these rituals to consume the new yam. The economic and political role of the ceremonies is no longer as predominant as in the past. However, within the framework of the modern State, it constitutes for the populations a means to reinforce their sense of identity.

Quantitativement, l'igname aujourd'hui n'occupe plus qu'une place réduite dans l'alimentation des peuples akan, étant éclipsée par la banane plantain et le manioc. Cependant l'igname, qui se présente sous plusieurs dizaines de variétés (une centaine selon MIEGE) et donne les préparations culinaires les plus recherchées et les plus appréciées, tient un rôle central dans cette civilisation et, notamment, dans les pratiques culturelles de la religion dite traditionnelle.

L'aire culturelle akan comprend le quart sud-est de la Côte d'Ivoire (Anyi, Baoulé notamment) et la majeure partie du Ghana (Ashanti, Fanti notamment). Chez les Akan, dotés d'une organisation de type étatique, des rituels périodiques clôturent l'année écoulée et ouvrent l'année nouvelle. Ils ont pour effet de permettre à la population de consommer l'igname de la nouvelle récolte sous toutes les formes, c'est-à-dire principalement en tranches bouillies dans de l'eau (*apessi*) ou en boules de pâte modelées dans un mortier (*foutou*). Mais il faut au préalable que l'igname nouvelle soit offerte aux ancêtres et déposée sur les sièges ancestraux — consacrés à titre posthume aux détenteurs du pouvoir — sous la forme prescrite,

c'est-à-dire réduite en purée dont une partie est rougie d'huile de palme, le *nvoufou*. Il s'agit donc d'une fête des prémices appelée couramment « fête de l'igname » chez les francophones, traduction incorrecte du terme vernaculaire. En anyi, on ne fête pas l'igname, on la mange : « *be di elue* » ce qui n'est pas la même chose.

L'exemple de la célébration de cette fête par les Ashantis, présenté ici, se réfère à des témoignages de voyageurs du début du XIX<sup>e</sup> siècle, et en particulier à celui de BOWDICH (1819), qui se rendit à Kumasi alors que l'empire ashanti était à son apogée. Ainsi seront perceptibles l'étendue et la diversité des fonctions de cette célébration qui débordait largement du domaine religieux. On évoquera ensuite, plus brièvement, les « fêtes de l'igname » actuelles, telles qu'elles se passent en pays anyi.

## La cérémonie de l'*odwira* au début du XIX<sup>e</sup> siècle

Comme dans les autres états akans, l'offrande de l'igname de la nouvelle récolte est l'acte essentiel de la fête de l'*odwira* des Ashantis, célébrée avec éclat chaque année dans la capitale Kumasi, ainsi que dans toutes les « provinces » ashanties, jusqu'en 1896, date de l'arrestation du roi Prempe I par les Anglais. Elle persista sous une forme privée, et ne reprit son caractère de grande manifestation publique qu'en 1985, à la demande des intellectuels ashantis, mais en cessant d'être une fête annuelle et quelque peu modifiée. On l'appelle également fête de la purification (*apafra*). La purification est en effet générale : elle touche les individus, la société, les lieux et les choses. C'est le temps du renouvellement des liens que les hommes entretiennent avec les invisibles, aussi bien avec les ancêtres qu'avec les déités (*abosom*, génies) ; c'est aussi le renouvellement de la force que contiennent les *amwa* (objets fétiches), comme si le « monde » *maa* (« monde gouverné ») allait sortir de là rajeuni et revigoré.

Au temps où la fête a été décrite par l'Anglais T.E. BOWDICH, qui en fut l'un des premiers témoins, en 1817, Kumasi était la capitale de la puissante confédération ashanti qui s'étendait d'est en ouest, du fleuve Comoe à la basse Volta, couvrant ainsi la majeure partie de l'aire akan précédemment définie, et la débordant vers le nord<sup>(1)</sup>.

1. Le noyau de la confédération (*amanto*), formé d'une demi-douzaine de petits royaumes ashanti, dont celui de Kumasi (de là le terme de confédération), avait, dans la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, étendu son empire, d'une part, sur des provinces de langue et de culture akan et, d'autre part, sur des tributaires qui appartenaient à d'autres aires culturelles.

La capitale ashanti, une des seules villes « précoloniales » de la zone forestière guinéenne, voyait sa population grossir au point de quadrupler lors de la célébration de l'*odwira*, tant l'afflux des visiteurs, venus de toutes parts, était considérable ; elle pouvait ainsi passer d'environ 20 000 habitants à une centaine de milliers.

Le plan dressé par BOWDICH indique les lieux majeurs de l'espace urbain qui devenaient une fois par an le théâtre de la fête : le palais, où était conservé le fameux siège d'or, habitacle de l'âme (*sunsum*) de la « nation » ashanti tout entière, la grande place du marché (*dwaberem*), les carrefours, et à un *mile* de la ville, Bantama, village où s'élevait le mausolée royal.

Le temps de l'*odwira*, qui marquait le moment où « les deux rives de l'année se rejoignent », s'étendait sur huit jours, et ne commençait pas à date fixe. Il se plaçait entre le mois d'août et le début d'octobre, si toutefois les conditions de sa célébration se trouvaient réunies, un deuil atteignant par exemple, les proches du roi ou une guerre entraînant le report de la cérémonie — dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, la date glisse du mois de septembre au mois de janvier, sans doute pour favoriser, en saison sèche, les voyages à la capitale. Dans le calendrier ashanti basé sur des cycles de 42 jours (*adaduanan*), cycle qui résulte de la combinaison d'une semaine de six jours et d'une semaine de sept jours, la fête allait du 16<sup>e</sup> au 24<sup>e</sup> jour, prenant place entre le petit et le grand *adè*, deux autres temps rituels (respectivement le 15<sup>e</sup> et le 33<sup>e</sup> jour de l'*adaduanan* ; pendant le petit et le grand *adè*, le roi, cessant toute activité officielle, se retirait dans son palais et entraînait en communication avec ses ancêtres.

La date de l'*odwira* était choisie avec soin. En août, le roi envoyait des émissaires dans un village (Saawua) situé à une dizaine de kilomètres de la capitale, grand fournisseur ordinaire du palais en ignames, afin de s'enquérir du degré de maturité des tubercules. Les champs dans les environs de Kumasi sont décrits par BOWDICH : « *Nous fûmes surpris de l'ordre et de l'étendue des champs cultivés... Les Aschantes n'emploient pas d'autre instrument que la houe ; ils font deux récoltes de grain par an ; ils plantent leurs ignames à Noël, et les recueillent au commencement de septembre. Cette sorte de culture est faite avec beaucoup de régularité et de symétrie ; tout autour de la plantation, règne une large allée et, dans une cabane, demeure un esclave avec sa famille pour protéger la plantation* ».

Si la réponse des autorités villageoises était positive, on consultait les devins pour fixer le jour où le roi devrait se rendre au mausolée de Bantama afin d'annoncer à ses ancêtres la prochaine célébration. En ce jour choisi dans le cycle précédant immédiatement

celui où aurait lieu l'*odwira*<sup>(2)</sup> il ferait l'offrande d'un mouton et il pourrait puiser dans le trésor de ses ancêtres conservé au mausolée<sup>(3)</sup> pour subvenir aux dépenses à venir.

Pendant les semaines d'attente qui précédaient l'*odwira*, la consommation de l'igname nouvelle était rigoureusement interdite : elle ne commencerait que lorsque les ancêtres royaux auraient reçu leur part. Les vivres se faisaient alors rares à Kumasi, et les prix renchérrissaient. Des messagers étaient envoyés dans toutes les directions pour convoquer les chefs politiques et demander leurs contributions en or ou en nature. Dans la capitale, les parasols et autres *regalia* étaient remis en état, les murs et les toits étaient rénovés, une couche d'argile rouge ou blanche était passée sur les colonnes des galeries, et les sols étaient damés. Puis les festivités commençaient.

Le premier jour de la célébration (16<sup>e</sup> jour du calendrier ashanti, un jeudi), le roi parcourt en personne les rues afin de vérifier l'état des lieux et, après cette inspection, il va s'asseoir en pleine ville, en majesté, pour accueillir les premières délégations venues des provinces et des pays tributaires.

Le lendemain, les délégations continuent à affluer. Nul ne peut se dispenser de répondre à l'invitation de l'*Asantehene*. Ne pas se rendre à l'*odwira* est considéré comme un acte de rébellion.

La réception solennelle a lieu le 3<sup>e</sup> jour (le 18<sup>e</sup>, un samedi) sur la grande place du marché. Elle dure de dix heures du matin au coucher du soleil. Chaque délégation signalée par ses propres *regalia* s'installe à la place qui lui revient, l'ensemble formant une sorte d'immense fer à cheval dont le roi occupe la partie centrale. Une fois que celui-ci a pris place, un cortège se forme qui défile jusqu'au soir ; les unes après les autres, les délégations se lèvent pour aller présenter leurs salutations au roi. On assiste à une sorte de représentation théâtralisée des composantes de la confédération ashantie.

Le 4<sup>e</sup> jour de la célébration (le 19<sup>e</sup> du calendrier ashanti) est un jour de liesse et de débordements, où semblent être suspendues lois et prohibitions. Tout est apparemment permis : licence sexuelle, critiques virulentes à l'encontre des puissants, scènes d'ivresse, décrites par Bowdich : « *le roi ordonna de verser une grande quantité de rhum dans de grands bassins en différents endroits de la ville... Les derniers ouvriers, les plus vils esclaves, déclamaient avec fureur sur les affaires de l'Etat* ».

2. Le jour en question fait partie des « mauvais jours » c'est-à-dire des jours néfastes aux activités humaines. Le calendrier ashanti en comprenait un nombre impressionnant.

3. Avec obligation de le restituer. La poudre d'or était contenue dans des *kuduo*, pots de bronze ou de laiton artistiquement décorés.

La soirée est occupée par des rituels destinés à protéger le roi de la vengeance des ennemis de l'Ashanti, vaincus et tués par ses prédécesseurs ; les crânes de ces personnages sont promenés dans les rues par les bourreaux du roi, et en pleine nuit, des offrandes leur sont présentées.

Le 5<sup>e</sup> jour, un lundi (jour faste, propice aux initiatives humaines selon le calendrier ashanti), se tient l'assemblée générale de la confédération (*l'asantemanhyianu*) où sont représentés tous ses membres. Elle traite des affaires de l'Etat et siège également en tant que haute cour de justice, dont les sentences sont sans appel.

Les trois jours suivants sont occupés par différents rituels, adressés notamment aux ascendants paternels du roi régnant, préliminaires obligés de la grande purification du huitième jour.

Le huitième jour est en effet celui de la purification générale : dès le lever du soleil, le roi et tous ceux qui font partie de sa parenté — de l'*abusua* (lignage matrilinéaire) du roi, qui portait le nom d'Oyoko — et de la « maison » royale, se dirigent en procession jusqu'au bord du Nsuben, afin d'y être « lavés », aspergés de son eau. Les épouses royales, accompagnées d'eunuques, font partie du cortège. Tous sont vêtus de blanc. Le siège d'or, les sièges « noirs » des rois défunts, les autels et objets cultuels, les *regalia* sont portés jusqu'à ce cours d'eau pour être également aspergés d'eau lustrale, tandis que des prières sont dites. Lorsque le cortège revient au palais, les colonnes, les arcades, les portes sont également purifiées<sup>(4)</sup>. C'est alors que l'igname de la saison nouvelle est offerte aux sièges consacrés, ou plus exactement aux esprits des ancêtres, *asamanfo*, dont ces sièges sont l'habacle. Dès lors, l'*Asantehene* peut goûter l'igname nouvelle sous la forme d'une purée teintée d'huile de palme. Puis c'est au tour de la population de la consommer sous toutes les formes.

En ce jour, le temps de l'*odwira* est clos. L'année nouvelle peut commencer : chacun peut l'aborder d'un cœur neuf après qu'aient été balayées toutes les impuretés de l'année passée, les deuils, les maladies, les souffrances...

Dans les préliminaires comme dans la séquence ultime de la fête, l'igname est donc au premier plan. Tout commence en effet par des investigations sur son degré de maturation. Et tout s'achève par la consommation généralisée du tubercule, après que celui-ci ait été rituellement offert aux puissances tutélaires que sont les ancêtres.

4. Avec le sang du mouton égorgé au bord du Nsuben et recueilli dans un bassin, ou avec un mélange d'œufs et d'huile de palme.

Mais ce qui apparaît aussi avec netteté, c'est que ce temps fort de la vie des Ashantis n'est pas réductible à la seule fonction religieuse. Il présente bien d'autres aspects. Fonction économique avec les contributions en nature ou en espèce des sujets et, en sens inverse, l'argent « emprunté » par le roi au mausolée, au trésor de ses ancêtres, et les cadeaux qu'il prodigue à ses visiteurs, assumant ainsi son rôle de redistributeur de richesses. Fonction politique : tous les chefs subordonnés sont rassemblés autour du souverain avec leurs insignes distinctifs, ne pas participer à l'*odwira* étant considéré comme un acte de rébellion ; la dynastie royale est glorifiée et sa légitimité historique et religieuse affirmée, les affaires politiques et judiciaires sont traitées au plus haut niveau. En outre, le droit de vie et de mort du roi est concrétisé par la décapitation des condamnés, effectuée sur place dans une mise en scène destinée à provoquer l'effroi. Pendant ces huit journées, la configuration géopolitique de la confédération devient visible et audible, chacun pouvant identifier les chefs et connaître leur rang en observant leurs parasols et les symboles qui les ornent et en écoutant le langage de leurs tambourinaires et sonneurs d'olifant. Comme le fait remarquer avec pertinence Mc.CASKIE (1995) dans son dernier ouvrage, l'idéologie politique par le canal de cette cérémonie étant ainsi massivement diffusée du sommet à la base de la société, et d'une façon qui emporte, dit-il, l'adhésion du peuple tout entier.

L'expression de « phénomène social total » pour reprendre la célèbre expression de Marcel MAUSS, s'applique parfaitement à cette grande manifestation annuelle, qui mobilisait toutes les énergies.

## **La « fête de l'igname » aujourd'hui**

Qu'en est-il aujourd'hui ? Que subsiste-t-il de ces rôles multiples ?

La fête, dite abusivement « de l'igname », est encore célébrée dans la quasi-totalité de l'aire culturelle akan en cette fin du XX<sup>e</sup> siècle.

On constate tout d'abord un glissement de la date de la célébration qui tend à se déplacer vers l'aval : en pays anyi, il est fréquent qu'elle se situe en novembre, voire en décembre. Parfois, elle est décalée jusqu'aux fêtes de fin d'année, ce qui a l'avantage de permettre aux ressortissants de la région qui résident et travaillent en ville, et notamment aux

« cadres », d'y assister, et de resserrer leurs liens avec leur communauté d'origine. Cependant, elle prend place dans le calendrier religieux des 42 jours qui n'est plus connu que des prêtres et devins, les *komye*.

En outre, la célébration publique n'occupe plus qu'une seule journée, et non huit, comme c'était le cas au temps de la grandeur shantie. Le moment capital est l'offrande d'igname (sous forme de *nvoufou*) sur les sièges ancestraux qui sont ensuite aspergés du sang du mouton et du bœuf sacrifiés. Nul n'attend plus que ces rituels soient accomplis pour consommer l'igname nouvelle, dont le temps de maturité est d'ailleurs largement dépassé.

Les fonctions économiques et politiques se sont dissoutes dans une large mesure sous la colonisation et avec l'indépendance. Elles sont aujourd'hui capitalisées par l'Etat moderne.

Les contours d'un pouvoir traditionnel vidé d'une bonne partie de son contenu subsistent cependant. Son existence est ainsi publiquement affirmée. Et ce qui demeure essentiellement c'est, au-delà même de l'aspect religieux qui garde son importance, ce qu'on pourrait appeler un ressourcement identitaire. Plus d'une fois un citoyen a dit au moment où la fête prenait fin, et non sans fierté : « Voilà qui nous sommes » comme si chacun retrouvait alors, dans l'éclat de la fête et grâce à la brillante mise en scène des liens entre les vivants et les générations précédentes, son patrimoine ancestral.

## **Références bibliographiques**

BOWDICH T.E., 1819. Voyage dans le pays d'Aschantie ou Relation de l'ambassade envoyée dans ce royaume par les Anglais. Paris, France, de Gide fils, 1819, 527 p.

BOWDICH T.E., 1819. Mission from Cape Coast to Ashantee. London, UK.

Mc.CASKIE T.C., 1995. State and Society in pre-colonial Asante. Cambridge, UK, Univ. Press, 492 p.

RATTRAY R.S., 1923. Ashanti. UK, Oxford Univ. Press, 348 p.

RATTRAY R.S., 1927. Religion and Art in Ashanti. UK, Oxford University Press, 414 p.

PERROT C.H., 1982. Le Pouvoir politique chez les Anyi-Ndényé aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles. Paris, France, Pub de la Sorbonne, Abidjan Ceda.

# E

## volution d'un agrosystème à ignames : l'exemple des Dorou du Nord-Cameroun

C. SEIGNOBOS

Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France

**Résumé** — Le nombre de variétés d'ignames et les techniques culturales mises en œuvre laissent entrevoir chez les Dorou un long passé de cultivateurs de tubercules. Des formes de domestication à partir de variétés de *Dioscorea* sauvages, placées en fosse, étaient courantes et permettaient un renouvellement constant des stocks. Ignames, autres tubercules et racines tubéreuses subirent un reflux au XIX<sup>e</sup> siècle, devant les petits mils et les sorghos. C'est au milieu de ce siècle que les Dorou passèrent d'une polyculture à ignames à une véritable spéculation de l'igname grâce à leur situation sur un axe de circulation majeur du Cameroun. Après avoir connu une expansion dans les années 60 et 70, la culture de l'igname en pays dorou est entrée en crise. A partir de 1985, elle subit la concurrence des ignames venues du Nigeria. Le matériel dorou est peu varié et médiocre. Leur calendrier de production est trop réduit. La recherche de nouvelles variétés s'impose.

**Abstract** — Evolution of the yam farming systems: an example of the Dorou (North Cameroun). The number of yam varieties and the cropping techniques used by the Dorous make one think that they are old-hands at root-farming. Different domesticated forms of wild *Dioscorea* varieties were used (placed in holes) allowing a constant renewal of planting stock. Yams and other roots and tubers lost their importance in the 19th century competing with millets and sorghum. Recently the Dorous went from a farming system with yam to a market oriented crop thanks to their position on a major trade route. After an extension of area in the sixties and seventies, yam cultivation now faces a crisis. Since 1985, it competes with yam imports from Nigeria. The Dorou's varieties are not diversified, and not well adapted to the new conditions of cultivation and mediocre. Their production period is too short. Finding new varieties is a priority.

Les Dorou de la plaine de la Bénoué sont des gens de l'igname. De part et d'autre de la route Ngaoundéré-Garoua, sur 130 km, depuis Wak, au sud,

jusqu'à Gouna, au nord, des accumulations d'ignames conditionnées en paquets sont mises à la vente sous des auvents, pendant la première partie de la saison sèche.

Toutefois, entre la fin du siècle dernier et les années 90, la culture de l'igname a fortement évolué dans les cultivars, dans les façons culturales, dans les quantités, mais aussi dans le parcellaire et jusque dans les rituels et la symbolique.

### L'igname dans les sites défensifs dourou au XIX<sup>e</sup> siècle

#### L'igname dans une polyculture dominée par les mils

Lorsqu'on visite les sites anciens des villages dourou de Harr, Tibaka, Mbé, Gamba, sur leurs collines et que l'on essaie de reconstituer, avec l'appui d'informateurs, le système agronomique en place au début du siècle, on peut mesurer l'ampleur des transformations. Les Dorou s'étaient barricadés dans ces reliefs, fuyant les attaques du lamidat de Rey, préférant porter allégeance au lamidat de Ngaoundéré, jugé plus libéral.

Le rôle des ignames n'était pas prépondérant dans cette économie qui reposait plus sur les éléusines, les petits mils et les sorghos. Le complantage était de mise afin de limiter l'érosion, surtout sur des pentes

peu aménagées. Les cultures de petit mil (*tut siyem*) et celle des sorghos (*tut*) se pratiquaient entre de petits billons réservés à *Solenostemon rotundifolius* (*soo*) et à *Plectranthus esculentus* (*vbi 'bote*), comme on le voit encore pratiqué chez les Doupa et dans les villages dowayo retirés.

*Sphenostylis stenocarpa* (*vbang*) était, lui aussi, semé sur de petits billons ou sur le côté des billons à igname, et son tubercule, récolté avant les ignames, en faisait une culture hâtive appréciée. Son importance était comparable à celle des *Colocasia* régulièrement placés dans les poches humides des creux dans les collines.

Les variétés de sorghos étaient peu nombreuses, des *Sorghum guinea* à cycle long, qui ont aujourd'hui en grande partie disparu. Un *Sorghum caudatum* (*nagee*), venu de chez les Dama, s'est maintenu, de même que *tut zolom*, apparu au début du siècle, en provenance de chez les Mboum.

Sorghos, petits mils, *Eleusine coracana* (*sat*) étaient associés aux niébés, à *Polygala butyracea* (*nga'a*), aux sésames et à *Hyptis* sp. La présence de *Polygala*, d'une *Hyptis* oléifère et de sésame devait retarder le développement de l'arachide (SEIGNOBOS, 1982). Pois de terre et souchet n'étaient pas abondamment cultivés. Quant aux légumes, les Dourou avaient surtout recours aux brèdes sauvages mais ils cultivaient également une crotalaire et un gombo précoce.

Les cultures sur billons, dans les vallées hautes et sur les replats, n'étaient pas réservées aux seules ignames, si bien que la houe à billonnage très sophistiquée des Dourou ne leur était pas réservée. Les ignames à petit tubercule étaient même privilégiées pour être cultivées à plat ou sur de petits billons, étant donné la faiblesse de la couche de terre arable. La culture en champ de *Dioscorea dumetorum* (*haal*) dominait. *D. dumetorum* s'accommode en effet de sols peu profonds. On la retrouve aujourd'hui sur les bords des terrasses, chez les Koma des Monts Atlantika (DOUNIAS, 1988). Elle se dispense de tuteurage et garde un port couvrant qui limite l'érosion.

La culture de *Dioscorea cayenensis* (*ndop yee* = mâle), à tubercule peu pileux, et de *Dioscorea abyssinica*, *ngang*, longue et lisse, était déjà présente dans le fond des talwegs, mais peu développée. On trouvait de nombreuses variétés, aujourd'hui relictuelles, comme *ki mam dum* (écouter/pluie/venir), une variété de *ngang*, à cycle court, qui, comme son nom l'indique, est bouturée de façon précoce ; des *Dioscorea alata*, *nyam ko nkunsa* (aveugle/voir/peau), à peau très fine ; *mboo kum vak* (*D. alata*, grasse/rônier), en raison de sa chair blanche comme l'amande du noyau de rônier.

Les représentants de la famille des *Dioscorea alata* sont parmi les ignames qui ont intégré le plus tardivement l'éventail des *Dioscorea* dourou. Pour cela,

elles sont appelées, dans toute la région, ignames femelles, (*ndop keng*), par rapport à celles antérieures, désignées comme mâles (*ndop yee*).

Le long des billons d'ignames, on recensait des éleusines, des lignes de *Tephrosia vogelii* (*bonane*) pour leur rôle de poison ichtyotoxique. Sur les plus gros billons, on plaçait des cucurbitacées, du gombo, *Tacca leontopetaloides*, prélevé en brousse...

L'agrosystème dourou donnait l'impression qu'une première agriculture, basée sur les tubercules en général, avait été recouverte par une autre, à la faveur de l'arrivée de populations du Nord-Est qui apportaient avec elles des sorghos.

Cette période troublée (fin XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles) — pendant laquelle les Dourou durent très souvent changer de site d'habitat —, ne fut pas favorable à une agriculture fondée sur les ignames. On emporte les graines, y compris celles de *vbang*, le haricot-igname, mais pas les lourds semenceaux d'ignames, hormis pour celles héritées et cultivées en fosse.

Si les ingrédients sacrificiels reposaient sur les céréales, éleusine et petits mils, le système social continuait à privilégier les ignames. La possession de certaines ignames exprimait une hiérarchie sociale alors que d'autres étaient réservées à des rituels ou à des cérémonies précises. Des ignames en fosse, *D. cayenensis* et d'autres, *D. burkilliana* (*mbiip*), ne pouvaient, pour les premières, être consommées que par les hommes, et les secondes seulement par les nobles. Les ignames en fosse n'étaient consommées que lors des fêtes, par les membres du même lignage. Les *ndem* servaient pour les grandes réunions de chefs et de notables. Pour les deuils, on utilise « l'ancienne igname » *D. dumetorum*. Au retour des initiés, à côté des nourritures à base de petit mil et d'éleusine, se trouve *ngang*, qui signifie « igname transformée », comme les jeunes circoncis.

## L'igname en fosse, chaînon de la domestication

Chez les Dourou, les ignames en fosse sont héritées. On les appelle ignames du village ou *lam soome* (manger/famille). Ces ignames volumineuses sont récoltées tous les trois ou cinq ans. En 1982, Mousa Ismaila, du village dourou de Ndom-Bénoué, avait produit un *lam soome* de 1,75 m de long, qui pesait plus de 150 kg, pour le comice agricole de Bertoua. Des préoccupations semblables ont cours dans les Monts Mandara (SEIGNOBOS, 1992), notamment en ce qui concerne l'obligation de partager, l'extrémité va au chef, la partie centrale au propriétaire, le « cou », plus amer, aux fils et aux agnats. Les femmes et les enfants n'ont pas accès à ces tubercules.



Cette culture en fosse, dans la concession, avec de la balle de mil, des écales d'arachide, de la paille, des toitures et du fumier correspond à une étape de la domestication de l'igname, qui est perçue comme une « socialisation ». Le processus de domestication est bloqué dans le cas des ignames en fosse dont on hérite. Cette mise en fosse intéresse aussi des ignames prélevées en brousse et qui vont subir — dans et autour de la concession — une sorte d'acclimatation sociale, mais à un rythme plus rapide. Ensuite des semenceaux quitteront la concession pour être cultivés dans les champs.

Dans le pays dourou, *lato sensu*, les ignames sauvages se développent dans les chaos de blocs où elles sont moins exposées aux feux de brousse et aux animaux fouisseurs. Il s'agit de *Dioscorea abyssinica*, mais aussi de *Dioscorea bulbifera*. Cette dernière se développe plus dans les zones perturbées par l'homme, ses bulbilles servent d'aliment de disette.

Ces formes sauvages, appelées *haa'b* (*D. abyssinica* et *D. sagittifolia*), vont donner une igname très commune chez les Dourou, appelée *ngang*. Les Dourou ont récupéré *D. abyssinica*, matériel sauvage de peu de variabilité, à spinescence peu développée et à l'acumen réduit et sombre.

Les Dourou les mettaient — c'est plus rare aujourd'hui — en fosse pour les récolter tous les deux ans. Ceux de Harr, par exemple, la prélèvent sur les essartages et la cultivent en culture annuelle ou tous les deux ans, contre les clôtures des concessions, dans une terre humifère. Certains ne les rebouturent que sur les champs de mil, parfois deux à cinq pieds autour d'un arbre tuteur. On pouvait obtenir quatre semenceaux en six à dix ans, que l'on disposait ensuite sur les billons pour faire du *ngang*. Il y aurait donc eu un apport constant, jusqu'à nos jours, de nouveaux matériels. On passait ainsi du *haa'b* sauvage au *haa'b lik* (maison = domestique) et enfin au *ngang* sur les champs.

Il en aurait été de même de *ndop yee*, classée par les Dourou dans la même famille que *ngang*, mais qui présente un tubercule plus réduit et plus pileux.

Comme dans les Monts Mandara, la mise en culture en fosse avec adjonction d'engrais, la présence de tessons de poterie sur le fond afin d'empêcher le développement en longueur des tubercules, les rythmes de récolte différés ou non, mais réguliers vont modifier le fonctionnement biologique de l'espèce sauvage, en l'occurrence *D. abyssinica*. Son tubercule augmentera de volume, perdra en longueur et en pilosité et verra son amertume s'atténuer. Ces transformations — si l'on en croit les informateurs — seraient relativement rapides, moins d'une génération d'agriculteurs.

Les Dourou soutiennent que, dans le passé, ils auraient domestiqué de la même façon *D. dume-*

*torum*, que l'on retrouve dans des zones écologiques très variées et à des latitudes relativement hautes. Ce fut un tubercule clé dans les aliments de disette et de soudure. Il ne pouvait être consommé qu'après découpe en tranches et bouillissage avec addition de sel de potasse, mais, préparé, il peut encore être commercialisé sur les marchés. Il serait logique que les populations s'en soient progressivement approprié la culture, en prélevant des semenceaux de la brousse pour les transplanter à proximité de la concession, sur une terre enrichie à dessein.

CHEVALIER (1936) observe chez les Bondjo de l'Oubangui une « protoculture » de *D. dumetorum*, les pieds étant replantés près des habitations. Cette *D. dumetorum*, régulièrement exploitée et replantée, perd alors de sa toxicité, de sa pilosité tout en maintenant un faible gradient de variabilité avec la morphologie des tubercules sauvages.

La domestication passe donc par l'habitation de l'homme ou ses abords, pour gagner ensuite les champs. Il existe aussi un mouvement inverse, sorte de réflexe partout observé, avec les ignames qui, de moins en moins cultivées, rejoignent les abords des concessions et sont maintenues dans cette situation pour des propriétés réelles ou supposées. Elles entrent ensuite, généralement par leur ancienneté, dans les prérogatives des aînés.

Il s'agit, dans le cas des Dourou, de *ndop ndem*, possédé souvent en une dizaine d'exemplaires, igname qui rend compte d'un matériel hétérogène. *Ndop ndem* faisait partie du tribut donné au lamido de Rey ou de Ngaoundéré. Sur ces ignames, le chef de village et le chef des forgerons ont droit à une part. A Gamba, *ndop ndem* présente des tiges vertes sans épines, aux feuilles très claires et le tubercule possède un à trois doigts très longs. A Ngao Yanga, les feuilles sont petites, et on relève des épines sur pétiole, l'allure spinescence fait penser aux ignames pérennes. Elles appartiennent toutes au groupes *D. cayenensis-rotundata*.

## L'agrosystème actuel

La descente en plaine et le regroupement par l'administration des petits villages dourou de la région de Mbé en établissements plus vastes le long de la route Ngaoundéré-Garoua va faire éclater les terroirs en deux pôles qui fonctionneront différemment. Les premières descentes se firent sur la piste de portage allemande, proche des anciens sites. Une route carrossable fut tracée, plus en plaine, par l'administration coloniale en 1929-1930. Les populations dourou durent s'y regrouper. Des aménagements ultérieurs de tracés occasionnèrent d'autres

déplacements, les derniers eurent lieu lors du bitumage de la route en 1974-1975.

La partie du terroir demeurée sur les basses pentes est encore cultivée en petit mil et en sorghos avec le même complantage en niébé que par le passé. *Polygala* est mis dans le même poquet que les sorghos. Il s'agit de *tut batap* (*Sorghum guineense*), blanc, rappelant le *mbayri* des Peuls et le *joromri* (*S. guineense*), rouge. Le maïs est absent.

La première année est toujours réservée au sésame, après défriche. Sur les nouvelles emblavures, on monte des cases de culture, à cause de l'éloignement du village. On installe des xylophones sur des fosses, *keden*, pour se distraire et surtout chasser les singes. Les années suivantes, on cultivera en association petit mil, sorgho et niébé, avant de passer à une jachère longue.

Le déperchement a apporté un développement de la deuxième partie du terroir en plaine. Les sols plus épais permettent la constitution de hauts billons qui favorisent un changement dans le choix des ignames. Les ignames à gros tubercules vont l'emporter et l'igname va devenir une spéculation grâce à l'axe routier nord-sud qui traverse le pays dourou (ROUP-SARD, 1987).

Chez les Dourou, seuls les hommes cultivent l'igname et les champs sont hérités, à la différence de ceux des montagnes. Les femmes peuvent en cultiver aussi, aidées par des manœuvres domayo. L'igname est toujours en tête d'assolement, la seconde année lui est également réservée et parfois une troisième. On aplanit les parcelles pour y cultiver maïs et arachide pendant deux à trois ans. On peut également conserver les billons en semant une ligne de maïs et, dans l'inter-billon, du sorgho et du manioc bouturé sur les flancs. On laisse ensuite les parcelles en jachère (5 à 6 ans) ou en manioc. On enregistre souvent des retours sur igname sans jachère. L'igname s'intègre peu à peu à une combinaison agraire dominée par le maïs et le manioc, ce dernier rentabilisant d'une certaine façon les billons puisque ses rendements sont ainsi 30 à 35 % supérieurs à ceux de la culture à plat.

Le manioc ne va cesser de se développer et d'envahir tous les terroirs dourou pendant les années 1990. Il est sur presque toutes les parcelles de maïs et d'arachide, d'abord en bordure, puis au centre.

Les Dourou vont cultiver sur de vastes parcelles *D. abyssinica* (*ngang*), puis on a vu apparaître une igname *D. cayenensis*, appelée *na va bon* (mère/mamelle/grosse), jusque-là restée marginale. Elle sera par la suite baptisée *bakokahe* ou *bakokade*, à Mbé, nom inspiré par une variété voisine et répandue au Nigeria. Cette igname fut d'abord développée au village de Tukaba, près de la Bénoué.

Le stock de *bakokahe* des différents villages dourou se révèle peu homogène. Le matériel *na va bon-bakokahe* présente un mélange de traits d'ignames pérennes avec, parfois, des épines sur le pétiole et des critères d'igname annuelle avec une tête minuscule. Cette igname lève bien et son tubercule, légèrement variqueux, est mieux calibré que les autres variétés dourou. Peu susceptible d'être blessée, cette igname est réputée apte à la conservation si bien qu'elle est la « seule igname qui donne de l'argent ».

*Ngang* se maintient en raison de sa précocité et aussi par manque de concurrent. Son tubercule aqueux se conserve mal. De 1965 à 1990, la commercialisation des ignames va reposer à plus de 80 % sur *bakokahe* avant d'être concurrencée par les ignames du Nigeria. Elle est bouturée en avril-mai et récoltée début septembre. Les revenus de sa vente servent, comme ceux de toutes les spéculations dans le Nord-Cameroun, à payer l'impôt, les vêtements, les dots... Les Dourou commercialisent *ngang* sans la stocker. Bouturée en avril, elle est mise en vente en première récolte autour du 15 juillet.

La production de *Dioscorea alata* est pour moitié auto-consommée et pour moitié exposée à la vente. *D. dumetorum*, qui dominait encore au début du siècle, est devenue marginale avec 5 % de la production. Elle est appelée *ndop grafi*, l'igname des Bami-léké, car elle est achetée essentiellement par ces derniers.

*D. bulbifera*, *to'h*, fut diffusée comme plante médicinalement, puis pour ses bulbilles et, plus rarement, pour le tubercule, bien qu'il soit réduit. Selon la forme et la couleur des bulbilles, les Dourou déterminent des variétés qui ne sont que des expressions du même génotype.

Les ignames *mbiip*, *ndem*, *ndop yee* sont réservées à la consommation au sein des familles. Toutefois, les Dourou restent des mangeurs de sorghos et, de plus en plus, de maïs et de manioc. Parallèlement au développement de *bakokahe*, les Dourou ont emprunté le maïs et le manioc pour, dans un premier temps, le vendre aux orpailleurs gbaya en campagne sur les cours de la Bénoué et du Faro.

Pour le seul arrondissement de Mbé, les services de l'agriculture enregistraient 1 367 familles cultivant l'igname, soit 500 hectares, dont 150 ha travaillés au tracteur, généralement loués à la Mission fraternelle luthérienne. La production par famille se situe entre 0,2 et 0,5 ha. Dans l'ensemble du pays dourou, on estime que 3 000 familles produisent des ignames sur une superficie de 600 à 700 ha et une production comprise entre 5 200 et 9 800 t/an commercialisée (entre 1983 et 1989). Toutefois, durant cette période, les superficies auraient diminué de 980 à 650 ha.

La production d'igname dourou a subi une grosse concurrence de la part de celle venue du Nigeria, en



particulier à partir de 1985, si bien que les autorités traditionnelles de la région de Gamba demandèrent la venue de la Sodécoton, qu'elles avaient pourtant boudée vingt ans auparavant. En 1996, la Sodécoton décide d'étendre son emprise vers le sud, le long de l'axe Garoua-Ngaoundéré. Les premières emblavures du coton sont ouvertes en 1997, dans la région de Mbé. Les populations, les jeunes surtout, ne sont pas défavorables car la Sodécoton permet un accès aux crédits, à la culture attelée et aux intrants. La concurrence — au moins pour ce qui est du calendrier agricole —, entre igname et coton est donc ouverte.

La région de Mbé ne polarise plus la main d'œuvre comme par le passé. Les villages dourou du sud de Tcholliré voyaient leurs effectifs de jeunes gens aller se louer pour faire des ignames entre Mbé et Gamba. Ce mouvement s'est tari. La culture de l'igname est alors entrée en crise, jusque dans les années 90, pour un problème de matériel et de calendrier de production.

Reposant sur quasiment une seule variété, la commercialisation se concentre sur une période trop restreinte de mi-juillet et de janvier-février, avec un vide en octobre et novembre à cause de la non-conservation de la première récolte. Au-delà, ce sont les ignames tardives du Nigeria qui occupent le marché du Nord-Cameroun (DUMONT, 1993). La vente de *bakokahe* se fait par paquet de trois ou cinq liées par des fibres d'*Hibiscus cannabicus* au prix de 1 500 F, en octobre 1988. En 1997, trois ans après la dévaluation, *bakokahe* et l'igname du Nigeria sont commercialisées entre 1 500 et 2 000 F le paquet de cinq gros tubercules et celui de Ngang, entre 500 et 1 000 F.

## Les modes de culture actuels de l'igname chez les Dourou de la région de Mbé

Les Dourou pratiquent une culture de l'igname sur billons longilignes, pouvant dépasser 250 m. Les *niaka* de la plaine de Mbé sont de gros billons où les herbes ont été au préalable brûlées puis enfouies. Ils mesurent 1,60 m à la base, 0,70 à 0,80 m au sommet pour une hauteur de 0,70 à 0,80 m, avec des intervalles de 1,55 m (pris au sommet des billons). Les billons se rejoignent à leur extrémité, de même qu'ils sont reliés entre eux à intervalle par des *tan naa*, levées transversales, souvent issues de l'accumulation des herbes de sarclage et recouvertes de terre. Les casiers des interbillons permettent de piéger l'eau et d'assurer une bonne alimentation des tubercules. L'aspect général dessine un damier. Certains peuvent être très vastes, supérieurs à un hectare.

On élève les billons avec une pelle à manche court, et, jadis, avec un instrument spécifique, le *tong fan* (il n'en reste que quelques exemplaires en 1990), que l'on utilise perpendiculairement au billon, à la façon d'une bêche (SEIGNOBOS, 1984). On casse la terre du billon avec un maillet, appelé *bo'a*, et on égalise et façonne la terre du billon en frappant avec le plat de la lame de la pelle. On sarcle avec une petite ratissoire, appelée *tong haka*, et on « creuse l'igname » avec un outil formé d'un manche droit surmonté d'un fer, appelé *tong kii*. La motorisation n'est utilisée que pour préparer et défoncer la terre où l'on va élever les billons. La fabrication des billons requiert 35 à 40 % du temps de travail consacré à la culture des ignames (PFEIFFER, 1987). C'est là un facteur limitant de cette culture dans la région.

A intervalle variable, les hommes creusent un trou de 0,35 à 0,40 m dans le billon. Les femmes versent de l'eau (un bidon de 20 l pour 8 trous), puis elles placent le semenceau d'une douzaine de centimètres et plus pour *bakokahe* (250 à 400 g). Les semenceaux peuvent aller jusqu'à 625 g. Plus le bouturage est précoce, plus le semenceau est volumineux à cause de l'irrégularité des pluies en début de saison. Les mises en boutures s'échelonnent de mi-mars à fin mai-début juin. La réussite est estimée à 70 %. Toutefois, un autre facteur limitant à la culture de l'igname chez les Dourou est la fréquente pénurie en matériel de reproduction.

*Ngang* présente une meilleure germination avec des semenceaux plus petits. Ces semenceaux sont placés à 5 cm au-dessous de la surface du billon. Les semenceaux en général sont préparés dix à vingt jours avant leur mise en terre et sont entreposés sous des brassées d'herbes, dans un auvent fermé en bordure de champ. On prend ensuite une poacée souvent issue de toitures de cases désaffectées et couvertes de goudron. On confectionne avec elle un « paillon », le « petit chapeau dourou », *ndop gone*, de 10 à 12 cm de diamètre à la base et de 12 à 15 cm de haut. A peine ouvert, il faudra que la tige force un peu pour passer. L'intérêt premier du « chapeau dourou » est de sélectionner le passage d'une seule tige et d'empêcher la concurrence de tiges secondaires.

Dans la plaine de Mbé, si la pluviométrie est bonne, de 950 à 1 200 mm, avec trois à quatre mois de 200 mm, la chaleur pose un problème au moment du bouturage. La température du sol se situe entre 45 et 50° de 13 h à 16 h. Sans cette protection, la tigelle risquerait de griller. PFEIFFER (1984) démontre que les « chapeaux dourou » améliorent sensiblement le taux des pieds productifs à la récolte, de plus de 30 % pour le cultivar *bakokahe* et seulement de 6 % pour *ngang*. Ce paillon diminue également la pourriture des semenceaux et favorise une croissance plus rapide de la tige dominante. La pose du

« chapeau durou » est une opération délicate que le propriétaire se réserve. Il tasse ensuite la terre tout autour à l'aide d'un petit maillet plat, *ba'bay* (à Gamba) réservé à cet effet. Quinze à vingt jours après la mise en terre des semenceaux, les Durou placent les tuteurs qui ont été préalablement mis à sécher, un pour deux plantes, entre deux pieds espacés de 65 à 80 cm. A la jonction des billons de liaison intermédiaires (*nia ndan*) ou terminaux (*nia kal* à Gamba), le tuteur peut supporter trois à quatre pieds. Le bois de *bian* (*Hymenocardia acida*) est particulièrement recherché car il est peu attaqué par les termites. A défaut, on prend *nome* (*Monotes kerstingii*). Les tuteurs serviront pour deux à trois récoltes consécutives. Le tuteurage serait, dans la plaine de Mbé, indispensable pour éloigner dès le départ la tige du sol surchauffé. PFEIFFER et LYONGA (1987) indiquent, toujours pour la région de Mbé : « Staking is a very laborious aspect of yam production; an average farmer may spend up to 100 man days/hectare for conventional staking including cutting, transport and placement of the stakes. » Pour la totalité des temps de travaux, se reporter à DUMONT *et al.*, 1994.

Sur ces billons s'intercalent *ngang* et *bakokahe*, *ngang* remplaçant souvent les manquants de *bakokahe*. Depuis 1990, des semenceaux du Nigeria font leur apparition. Les Durou placent *Dioscorea alata*, à fort feuillage et à tige très anthocyanée, sur les extrémités. En revanche, une *Dioscorea alata* à tige verte est laissée sur les billons, sans tuteur. Quant aux billons de raccord, ils portent *D. dumetorum*, *Tacca leontopetaloides*, prélevés dans les champs, et parfois du *Xanthosoma sagittifolium*.

A Mbé, les rendements moyens de la double récolte s'élèvent, pour la première, appelée *ndop tiip*, à 1,95 kg/pied et 2,45 kg/pied, respectivement pour *ngang* et *bakokahe* et, en deuxième récolte (*ndop pa*), 1,85 kg/pied et 1,53 kg/pied, ce qui, pour des densités de plantation moyennes, 6 666 pieds/ha (2 m x 0,75), donnerait un total par hectare de 25,3 t pour *ngang* et de 26,5 t/ha pour *bakokahe*. La première récolte n'occasionne pas de stockage car les tubercules n'ont pas atteint leur maturité physiologique, ce qui les rend inaptes à la conservation. La récolte unique produirait 1,64 kg et 2,23 kg/pied pour *ngang* et *bakokahe*.

Ces estimations ont été faites en 1984, jugée comme une bonne année (PFEIFFER, 1984), en particulier pour la deuxième récolte qui fournit le matériel de plantation suivant. Le rendement interannuel moyen se révélerait beaucoup plus bas, moins de 16 t (pour la période de 1982 à 1989). La production durou est, en effet, soumise à forte fluctuation. En 1983, il y eut perte des semenceaux mères à la suite de la sécheresse et surtout de la mauvaise répartition des pluies. En 1987, le même phénomène s'est reproduit avec l'arrêt des pluies en septembre-octobre. En

1989, c'est l'inverse, les pluies ont été supérieures à 1 500 mm et on a enregistré un déficit de la production, entre 1/4 et 1/3 pour *bakokahe*, à cause de la pourriture.

En 1997, la culture de l'igname demande toujours de gros investissements, qui sont d'ailleurs absorbés dès la première année. Ils sont inégalement répartis selon que le propriétaire et sa famille prennent en charge telle ou telle phase culturale ; selon aussi l'abondance et la qualification de la main d'œuvre, si elle est durou, dowayo, ou inexpérimentée, comme celle qui vient du Tchad depuis 1993.

Le propriétaire se réserve généralement la préparation et la mise en place des semenceaux ainsi que la première récolte. Il délègue à des manœuvres le travail de la parcelle, depuis le défonçage jusqu'au façonnage des billons. Toutes les opérations concernant la culture de l'igname sont hautement monétarisées : la coupe des tuteurs, leur transport, leur mise en place sur les billons, puis les sarclages, les deux récoltes et leur transport. Le montage des billons reste la prestation la plus coûteuse et l'ensemble de la préparation du sol et des billons peut être estimé entre 35 et 40 % des charges. Pour un quart d'hectare, le défonçage (souvent au tracteur) revient à 15 000 F, le labour à 8 000 F, l'enlèvement des souches à 8 000 F, le cassage des mottes à 7 000/8 000 F, le montage d'un grand billon de 225 m pour 300 boutures, à 3 200 ou 3 500 F.

On estime les charges pour un hectare d'ignames de 750 000 F à 800 000 F, pour une production espérée de 60 à 75 sacs à 15 000 F le sac. Selon la cellule de suivi-évaluation Sdcc (Sodécoton), dans sa note de juillet 1998 intitulée « Culture de l'igname en plaine de Mbé » (5 p.), le sac d'ignames contient 80 tubercules d'un poids moyen de 2,5 kg.

La deuxième année impose de faibles investissements et peu de travail. La réfection des billons est mineure, les boutures sont mises dans les mêmes trous, les piquets restent en place, hormis quelques tuteurs défectueux. Il y aura, en revanche, un sarclage supplémentaire à cause de l'envahissement d'adventices comme *Tridax procumbens* et *Cyperus* spp.

Les Durou retirent alors tout leur bénéfice cette seconde année.

Quant à la mécanisation de la culture de l'igname, cette perspective semble encore bien lointaine dans la plaine de Mbé. La seule igname qui le permettrait serait *D. dumetorum*, de par sa vigueur et sa production de tubercules en grappe de plus ou moins 20/25 cm de diamètre. Mais les Durou se sont détournés de sa culture depuis le début du siècle.

Les deux ignames retenues, *bakokahe* et *ngang*, présentent, surtout pour la première, des longueurs de

tubercule excessives (40 à 55 cm) en récolte unique. Un billonnage réduit entraîne pour elle la formation de plusieurs doigts et la présence du « pied ». La culture mécanisée ne peut leur être appliquée.

Au-delà d'une mécanisation ou d'une motorisation de la culture de l'igname, le problème que connaissent les Dourou est celui d'alimenter les marchés de février à juillet.

Il faudrait emprunter et/ou mettre au point un matériel exploité en récolte tardive (février), possédant de bonnes aptitudes à la conservation avec, si possible, des variétés dont le rendement ne soit pas subordonné au tuteurage. Dès 1988, DUMONT a établi un diagnostic sur les problèmes posés par l'igname dourou. Il le renouvelle et fait des propositions dans son rapport de mission Cirad-lirsda de juin 1993. Il s'agit d'un problème de substitution de matériel et il propose d'introduire des cultivars plus performants.

Les Dourou sont eux-mêmes partis à la recherche de semenceaux au Nigeria. A Vinde Gamba, ils ont commencé, en 1973, à bouturer une igname du Nigeria appelée *mumu'e* (du nom des populations *mumuye* à l'ouest de Yola). Ils ont rapporté aussi une autre variété dite *mubi*, en 1982. Ce n'est qu'en 1989 qu'ils vont réellement se mettre à cultiver les ignames du Nigeria. Ils leur appliquent les mêmes techniques et façons culturales que pour les ignames dourou. A Gamba, depuis 1990, le monopole du *bakokahe* est battu en brèche par l'igname du Nigeria, et dès 1992, cette dernière l'emporte. Elle se diffuse dans tout le pays dourou, vers le sud. A Harr, en 1997, elle occupe 30 % des surfaces réservées à l'igname. Ces introductions un peu hétéroclites ne semblent pas encore apporter satisfaction.

Les interventions en matière de développement devraient porter sur la diffusion de nouvelles variétés. L'introduction d'une variété des Caraïbes, la Florido (*D. alata*) par les services de l'agriculture et le Cnrcip, en 1985-1986, a été un échec. Celle à partir du Nigeria a montré ses limites en partie parce qu'elle a été faite un peu au hasard et portée par quelques initiatives. La recherche agronomique devrait se substituer à ces tentatives pour planifier une diffusion à partir de matériels du Nigeria et de Côte d'Ivoire et assurer sur place un suivi des performances de nouvelles variétés ainsi introduites.

Cette intervention serait d'autant plus opportune que les Dourou savent et aiment cultiver l'igname. Leur activité traditionnelle étant par ailleurs la forge,

les Dourou ont essaimé des colonies dans tout l'Adamaoua jusqu'au contact forêt/savane. Ils continuent à diffuser leurs cultivars et à influencer leurs voisins dans le domaine de la culture des ignames.

## Références bibliographiques

CHEVALIER A., 1936. Contribution à l'étude de quelques espèces africaines de genre *Dioscorea*. In Bulletin du Museum national d'histoire naturelle 2<sup>e</sup> série 8 (6) : 520-551.

DOUNIAS E., 1988 Contribution à l'étude ethnoécologique et alimentaire des Koma Gimbé, Monts Alantika, Nord-Cameroun. Le Havre, France. Mémoire de fin d'études, Istom, 240 p.

DUMONT R., 1993. Rapport de mission au Cameroun. Cirad-lirsda-lita, 6 p.

DUMONT R., HAMON P., SEIGNOBOS C., 1994. Les ignames au Cameroun. Cirad, coll. Repères, 80 p.

PFEIFFER H.J., 1984. From small sacre farmers constraints back to farmers adapted improvements. Cnrcip, Adamaoua, Cameroun, 35 p.

PFEIFFER H.J., LYONGA S.N., 1987. Traditional yam cropping in the Sudan savannah (Cameroon). Cnrcip, Adamoua, Cameroun, 14 p.

ROUPSARD M., 1987. Nord-Cameroun. Ouverture et développement d'une région enclavée. Thèse. Paris X-Nanterre, France, 516 p.

SEIGNOBOS C., 1982. Matières grasses, parcs et civilisations agraires (Tchad et Nord-Cameroun). In Cahiers d'Outre-Mer 35 (139) 229-269.

SEIGNOBOS C., 1984. Instruments aratoires du Tchad méridional et du Nord-Cameroun. In Cahiers de l'Orstom, série sciences humaines, vol. XX n° 3-4, p. 537-573.

SEIGNOBOS C., 1992. L'igname dans les Monts Mandara. In Genève-Afrique vol. XXX n° 1, p. 77-96.



# Rapport de synthèse de la session I.

## Les sociétés de l'igname

L. DEGRAS

Il pourrait être dit que ce thème de « l'igname dans la société » englobe tous les autres. Mais je n'ai pas la prétention de vous résumer à l'avance ce séminaire ! Je mentionnerai d'abord que cette session a bénéficié de six contributions, dont trois sur l'Afrique, deux sur l'Océanie mélanésienne à travers la Nouvelle-Calédonie et une sur l'Amérique.

Il était sans doute naturel que l'approche des sociétés de l'igname se fasse par l'évocation de cette « fête de l'igname » qui, vraisemblablement, remonte aux premiers millénaires de la préhistoire. Nous avons pu apprécier ces rappels de la noblesse ancienne de la plante dont, en pays akan, le prestige se mesurait aux fastes de cet « événement total » qui se constituait autour de la consommation de la nouvelle igname, se mesurait encore à son appropriation par les pouvoirs royaux et qui, même si la consommation moderne ne s'y réfère plus, se mesure toujours, notamment aux sorties saisonnières des sièges d'or pour les offrandes contemporaines.

La seconde contribution nous a montré, en une exemplaire étude de cas, celui des Dourou du Cameroun, l'évolution des systèmes culturels, partie d'une polyculture à base d'igname, aboutissant à une culture d'igname pure, et désormais soumise aux aléas de celle-ci face aux dégradations du milieu et aux pressions commerciales. Des cultivars nouveaux y seraient nécessaires.

La troisième contribution a permis de concrétiser la notion de paraculture, avec les pratiques d'utilisation

des ignames sauvages par des sociétés de chasseurs-cueilleurs pygmées. Activité d'exploitation et de protection des ressources génétiques au sein de la forêt, elle se révèle bien distincte de la protoculture, transition vers la domestication.

La quatrième contribution, la communication sur l'igname dans les Amériques, a été un panorama des bases ethnobotaniques et des évolutions de sa culture, allant des sociétés tribales amazoniennes aux sociétés industrialisées des Antilles. Cette présentation a conduit à proposer que se crée — au symposium international sur les tubercules d'octobre 1997, à Trinidad —, une association internationale des chercheurs et techniciens de l'igname.

L'Océanie mélanésienne, dans la cinquième contribution, a montré les intéressantes potentialités d'une instance collective, traditionnelle et nouvelle à la fois, dans la mise en place d'un conservatoire des cultivars de Nouvelle-Calédonie.

Et la dernière contribution de la session a été un film vidéo tourné en milieu traditionnel néocalédonien. Avec la lente ascension des cultivateurs vers leurs jardins, et leurs paroles autour des cultures, des récoltes et des repas, à ce terme de notre parcours sur un vécu de la grande intimité de l'homme et de l'igname, il nous venait tout naturellement que « l'igname bonne à manger est bonne à penser » !



Session II

**Le milieu**







# La sélection sanitaire de l'igname : intérêt et pratique

R. ARNOLIN

Inra-Urpv, BP 515, 97165 Pointe-à-Pitre Cedex, Guadeloupe

**Résumé** — La sélection sanitaire de l'igname est entreprise pour améliorer le rendement des cultures et la qualité de la production ainsi que pour la sécurité de la conservation et des échanges de ressources génétiques. Elle utilise plusieurs méthodes : thermothérapie, culture de méristème, association thermothérapie et culture d'apex ou viricides. La culture d'apex est sûrement la plus usitée ; outre les dimensions de l'apex, le contrôle du brunissement, les solutions minérales, les combinaisons de phytohormones, la concentration en saccharose peuvent favoriser le développement de l'apex. L'indexage permet de s'assurer des résultats de l'opération de sanitation. Le cas de White Lisbon, à la Barbade, permet une première évaluation de l'impact sur l'amélioration de la culture de l'igname et de dégager des perspectives.

**Abstract** — *Disease-free yam: why and how.* Sanitary selection of yam is carried out to improve crop yield and product quality. It also ensures security of genetic resource conservation and exchange. Several methods may be used: heat therapy, meristem tip culture, heat therapy combined with meristem tip culture, or viricides. Meristem tip culture is the most widely used technique; in addition to meristem size, browning control, salt solutions, phytohormone combinations, concentration in sucrose can enhance the development of the meristem. Tests are carried out to check the results of sanitary selection. The case of White Lisbon in Barbados gives a first assessment of the impact on yam crop improvement and highlights future perspectives.

## Introduction

Avec une production annuelle de 30 millions de tonnes (Fao, 1994), l'igname est le quatrième tubercule du monde. Elle rentre pour une part importante dans l'alimentation de toute la zone intertropicale.

Cependant, l'igname est une plante à tubercule sensible à plusieurs parasites, soit en cours de culture (appareil aérien, racines, tubercules), soit en cours de conservation ; sa production se trouve ainsi diminuée quantitativement et qualitativement. Les virus sont parmi les agents parasitaires les plus dangereux ; les études de caractérisation ne permettent pas encore de relier entre eux, avec certitude, les différents virus décrits ; cependant, le *Yam Mosaic Virus*, décrit par THOUVENEL et FAUQUET, en 1979, semble de loin le plus répandu.

La sélection sanitaire — ou sanitation d'une variété —, signifie essentiellement l'élimination des virus de cette variété ; elle sous-entend l'élimination de tous les autres parasites puisque les méthodes qui permettent l'élimination des virus entraînent presque toujours celle de tous les autres parasites, en particulier des nématodes. Après avoir rappelé les raisons qui justifient la sélection sanitaire, nous verrons quelques exemples de mise en pratique.

## Intérêt de la sélection sanitaire

La thermothérapie est pratiquée depuis le siècle dernier pour guérir certaines maladies de type jaunisse, et, dans le cas de la canne, améliorer les rendements en sucre. Après les travaux de LIMASSET et CORNUET (1949) sur la répartition des virus selon un gradient décroissant jusqu'aux extrémités des tiges, MOREL et MARTIN (1952 et 1955) obtinrent, par culture de méristèmes, la régénération de variétés de dahlia et de pomme de terre manifestant une nouvelle vigueur et une amélioration du rendement

et de la qualité. Dans le cas de l'igname, la sélection sanitaire va également chercher à obtenir un meilleur rendement et une meilleure qualité.

## Amélioration des rendements

Si plusieurs auteurs signalent des baisses importantes de rendement dues aux viroses, peu de travaux ont réellement quantifié ces pertes de rendement. A la Barbade, les travaux de MANTELL et HAQUE (1979) situent entre 29 et 41 % la perte due à un complexe viral qui provoque des taches nécrotiques à l'intérieur du tubercule. THOUVENEL et DUMONT (1990), en Côte d'Ivoire, estiment la perte de rendement due au *Yam Mosaic Virus* jusqu'à 27 %. En Guadeloupe, DEGRAS (1993) et son équipe s'aperçoivent que la production moyenne des nouveaux hybrides sur-classe de 30 à 50 % la production des meilleurs clones traditionnels ; cette supériorité se perd ensuite dans les six années qui suivent la génération séminale ; ils attribuent, pour une grande part, cette perte de rendement à la charge en YMV.

Quelle que soit l'imprécision des chiffres avancés, il ne fait aucun doute que les pertes de production occasionnées par les virus chez l'igname sont importantes.

## Amélioration de la qualité

En 1965, la moitié des tubercules exportés par la Barbade à partir du cultivar White Lisbon (*D. alata*) est refusée car, à l'intérieur de ces tubercules, se trouvent des taches nécrotiques qui les rendent impropres à la consommation ; l'étiologie de ces taches n'ayant apporté aucune réponse satisfaisante, les recherches se sont portées sur la virologie (MANTELL, MOHAMED, 1974).

En ce qui concerne *D. trifida*, nous avons été frappés par l'évolution de la forme des tubercules de l'hybride INRA 5.20 : subsphériques à la génération séminale et au cours des premières générations végétatives, ils ont pris peu à peu une forme conique de type massue avant de retrouver la forme subsphérique après la sélection sanitaire. Or la forme subsphérique est plus attractive. Plus généralement, les tubercules provenant de sélection sanitaire et de micropropagation ont une meilleure présentation que les tubercules produits de façon traditionnelle.

Face à ces raisons directement liées à l'aspect économique de la production d'igname, la sélection sanitaire doit jouer des rôles de plus en plus importants pour le développement de cette culture : permettre, avec plus de sécurité, des échanges de matériel génétique entre deux laboratoires sans courir le risque d'introduire un virus dans une aire non infestée et

aussi, de voir deux formes voisines d'un virus comme le YMV se conjuguer pour donner naissance à une forme encore plus dangereuse ; faciliter la compréhension du comportement des plantes en fonction de l'agent viral et différencier ainsi des virus biologiquement proches ; conserver la variabilité génétique : cela est valable pour *D. trifida* dont le nombre de cultivars a diminué au cours des dernières décennies dans toute la Caraïbe, en partie au moins, à cause de leur charge virale.

## Pratique de la sélection sanitaire

### La sanitation

Les premiers travaux de sélection sanitaire ont porté sur les ignames pharmaceutiques ; il n'y a pas de différences signalées entre ignames pharmaceutiques et ignames alimentaires ; aussi limiterons-nous nos observations à la sanitation des ignames alimentaires cultivées.

La plupart des auteurs ont utilisé la culture de méristème et la thermothérapie, soit individuellement, soit en association, mais des méthodes de tri pratiques sont proposées aux agriculteurs tandis que d'autres techniques, à peine effleurées, demandent des compléments de mise au point.

### Le tri manuel

MARTIN proposait, dès 1976, d'éliminer les plantes les plus infectées, c'est-à-dire présentant les symptômes les plus nets pour stabiliser la culture. MANTELL et HAQUE (1979), à la Barbade, proposent aux agriculteurs de couper la base des tubercules de White Lisbon et de planter la tête des tubercules qui n'hébergent pas les taches nécrotiques de l'IBS.

De même, THOUVENEL et DUMONT (1990) montrent qu'une sélection sanitaire est possible à l'intérieur d'un lot en choisissant les gros tubercules qui sont généralement moins virosés que les petits.

Cette sélection phénotypique est souvent nécessaire après une procédure de sélection sanitaire pour éviter une recontamination trop rapide d'un lot. MARCHOUX et EDWIGE (1980) ont dressé une liste des principaux symptômes rencontrés en Guadeloupe chez les cultivars de *D. alata*, *D. cayenensis* et *D. trifida*.

### La thermothérapie

MANTELL *et al.* (1977) rapportent des expériences de thermothérapie avec de l'air chaud sur plants en germination ou trempage de tubercules dans l'eau

chaude suivi d'une mise en germination ; les résultats obtenus à partir de plantes en germination traitées à l'air chaud sont meilleurs.

THOUVENEL et FAUQUET (1980) soumettent des tubercules malades à des températures de 45, 50 ou 55 °C pendant des temps de 15 ou 30 min et aboutissent à des résultats montrant que la technique n'est pas utilisable puisque les tubercules ne sont pas nettoyés dans ces conditions et que des températures plus élevées suppriment leur pouvoir germinatif.

### La culture de méristème

En 1986, SALEIL présente ses travaux sur le développement *in vitro* des apex isolés à partir de deux espèces d'igname : *Dioscorea alata* et *Dioscorea trifida*.

Pour caractériser l'explant qui est mis en culture, elle emprunte les définitions proposées par COLIN et VERNON (1976) :

- le méristème est le dôme apical qui peut comprendre une ébauche foliaire en formation ;
- le point méristématique, ou apex, inclut tous les tissus indifférenciés : méristème et ébauches foliaires.

Ces définitions expliquent pourquoi les auteurs utilisent le terme de culture d'apex au lieu de culture de méristème.

Elle prélève des apex de 0,4 à 0,7 mm pour *D. alata*, 0,2 à 0,5 mm pour *D. trifida*. Elle étudie successivement l'influence des principaux composants du milieu et propose un milieu liquide optimum pour chacune des trois phases de l'évolution des apex.

#### 1) Phase de débourrement

Elle dure 30 à 40 j ; au cours de cette phase, il faut d'abord contrôler le brunissement dû à l'oxydation des composés phénoliques par les polyphénoloxydases et les peroxydases. Une réduction du brunissement est obtenue par l'utilisation du chlorhydrate de cystéine, en trempage des apex fraîchement excisés dans une solution à 2 g/l puis dans le milieu de culture à 1 mg/l.

La concentration du milieu en azote, en phytohormones et en saccharose est importante pour la reprise des apex.

Le cultivar de *D. alata* préfère un rapport NH<sub>4</sub>/NT élevé, utilisant les macro-éléments de MURASHIGE et SKOOG, dilués quatre fois. Il lui faut 1 mg/l de BA, 0,01 mg/l de AIB, et 1 mg/l de GA3. Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par MANTELL *et al.*, (1980) : BA 0,2 mg/l; ANA 1 mg/l, et de ceux de NG (1983) : BA 0,12 mg/l ; ANA 0,2 mg/l ; GA3 0,4 mg/l.

Le débourrement du cultivar de *D. trifida* est favorisé par un rapport NH<sub>4</sub>/NT faible pour une concentration totale en azote de 30 mg/l fournis par le milieu N03K de Margara. Il faut également : BA 2 mg/l ; AIB

0,01 mg/l ; GA3 1 mg/l et, ce qui est différent de *D. alata*, 50 g/l de saccharose.

#### 2) Phase d'allongement

SALEIL (1986), SALEIL *et al.*, (1990) situent cette phase entre le 40<sup>e</sup> et le 60<sup>e</sup> jour.

Les macro-éléments de MURASHIGE et SKOOG, dilués au quart, favorisent l'allongement pour le cultivar de *D. alata* et le taux de multiplication pour *D. trifida*.

Il faut diminuer la concentration en BA et en GA3 par rapport au milieu de débourrement puisque 1 mg/l de BA entraîne la mort des apex. Pour *D. trifida*, il faut moins de sucre par rapport au milieu de débourrement, 30 g/l au lieu de 50 g. L'allongement des apex est favorisé par les températures élevées (30 °C), de préférence en jours longs de 16 h.

#### 3) Phase d'enracinement

Chez les deux espèces, l'enracinement est favorisé par 1 mg/l d'ANA. *D. trifida* demande en outre 80 g/l de saccharose.

Cette technique de culture d'apex provenant de vitroplants est maintenant pratiquée de façon routinière par le Lrgapt de l'Orstom, à Montpellier (MALAURIE *et al.*, 1995).

### L'association thermothérapie-culture d'apex

MANTELL et HAQUE (1979) sont parmi les premiers à signaler que la seule culture d'apex donnait difficilement des plantules indemnes de virus. Ils vont appliquer à des plantes entières des températures de 36 °C pendant 14 j avant de prélever les apex.

BALAGNE (1985), à l'aide d'un bain-marie, applique à des vitroplants de trois feuilles, une température de 42 °C pendant 21 j avant de prélever les apex. Elle obtient ainsi des plantules indemnes de virus.

SALAZAR et FERNANDEZ (1985) font germer des tubercules de *D. trifida* à 39 °C pendant six semaines à 16 h de jour et 60 à 80 % d'humidité relative. Ils prélèvent des apex de 0,1 à 0,5 mm comprenant 4 à 6 préfeuilles ; ils utilisent un milieu solide et des combinaisons de 2 ip et d'ANA comme phytohormones ; ils obtiennent les meilleurs résultats avec la combinaison de phytohormones 0,5 mg et 0,2 mg/l.

### Les viricides

Après des cultures successives sur des milieux contenant de la vidarabine et du 2-thiouracil, MANTELL (1991) obtient la disparition de symptômes sur plusieurs clones.

A la Guadeloupe, après deux passages sur un milieu supplémenté avec ces mêmes viricides, J.-B. PELLETIER (1992, communication personnelle),

n'obtient pas la suppression des virus ; pour éliminer les virus de *D. trifida*, une association avec la thérapie est nécessaire.

## Le contrôle de l'opération de sanitation

### L'observation

Les symptômes traduisant la présence d'un virus sur une plante ont été décrits, en particulier par MARCHOUX et EDWIGE (1980). Après observation des symptômes, on peut, en principe, conclure qu'une plante est saine ou virosée. En réalité, les spécialistes savent combien la fiabilité de ce contrôle est limitée. D'une part, des stress divers (hydrique, carence en éléments minéraux, acariens...) peuvent donner des symptômes simulant la présence d'un virus ; d'autre part, une plante hébergeant un virus ne donne pas toujours des symptômes repérables.

Comme pour la plupart des espèces, c'est donc l'inoculation à des plantes saines qui a d'abord permis de révéler indirectement la présence d'un virus sur une plante. L'inoculation peut être mécanique ou utiliser des pucerons. Les plantes saines sont issues de graines d'ignames ou surtout de *Nicotiana benthamiana*, qui est la plante indicatrice préférée des virologues.

### L'utilisation de tests sérologiques et les nouvelles possibilités

L'utilisation de tels tests est récente chez l'igname ; en effet, plusieurs auteurs (MIGLIORI et CADILHAC, 1976) signalent la difficulté, à cause de l'excès de mucilage, de purifier les virus de l'igname et de mettre au point un antisérum.

En 1979, THOUVENEL et FAUQUET, en purifiant le YMV, mettent au point un antisérum. Ils adaptent, en même temps son utilisation en ELISA (CLARK et ADAM, 1977) ; ce test sera largement utilisé par les différents laboratoires francophones travaillant sur les virus de l'igname pour distinguer les plantes virosées des plantes indemnes de YMV.

Il permet de connaître avec précision les résultats d'un travail de sélection sanitaire ; il permet également de déterminer la prévalence du YMV dans les zones de culture concernées, d'étudier le mode de propagation de la maladie. Les scientifiques de l'Orstom (GOUDOU-URBINO, 1996) achèvent la mise au point d'antisérum plus précis à partir d'anticorps monoclonaux.

En 1986, SHIRAKO et EHARA montrent qu'il est possible d'indexer l'igname de Chine vis-à-vis du Cynmv en utilisant un antisérum partiellement purifié dans un *western blot*.

GOUDOU-URBINO *et al.* (1996) ont amplifié par Pcr des régions choisies du génome du YMV et ont séquencé les fragments d'adn. Une Rt/Pcr, mise au point à partir d'amorces, permet une meilleure caractérisation de la variabilité du YMV.

## L'utilisation des plants assainis

L'objectif final de la sélection sanitaire, c'est l'utilisation des plants sains par l'agriculteur de façon à diminuer la prévalence des virus, augmenter le rendement des cultures et améliorer la qualité des produits. Cette utilisation passe par la multiplication du plant sain dans un laboratoire de culture *in vitro*.

L'exemple qui nous est rapporté avec le plus de précision est sans aucun doute celui de l'équipe du Cardi (Caribbean Agricultural Research and Development Institute) à la Barbade (MANTELL, HAQUE *et al.*, 1974, 1977, 1979a, 1979b, 1979c, 1980).

Rappelons que le fondement de ce travail est d'abord économique : l'exportation en frais de la variété White Lisbon était anéantie ; la production semi-industrielle de *l'Instant Yam* était menacée ; il fallait trouver des solutions.

MANTELL (1979a) multiplie les plantules assainies suivant les méthodes précédentes ; pour les sevrer, il les repique dans un mélange de terre, tourbe et sable ; il les recouvre d'une cloche en plastique pendant 15 j, puis les laisse en serre avant de les repiquer en pleine terre avec une toile *insect-proof* comme protection. Au cours de la transplantation, on enregistre 10 % de perte.

Les tubercules obtenus sous serre sont ensuite multipliés en plein champ. La constatation heureuse était la non-recontamination des plantes assainies, et cela, après plusieurs générations. Les gains de rendement obtenus sont de 30 à 40 %.

A partir de ces travaux, le White Lisbon a pu reconquérir les terres barbadiennes. En revanche, sa sensibilité à l'antracnose n'a pas permis sa diffusion dans les autres îles de la Caraïbe. Pire, même à la Barbade, l'impact de l'utilisation des plants sains sur la production de White Lisbon a été plus tard masqué par l'antracnose.

TERRY (1976), au Nigeria, MARCHOUX (1980), puis BALAGNE (1985) à la Guadeloupe, ont montré que la recontamination des plants sains était pratiquement instantanée lors du passage en plein champ.

Cependant, toujours à la Guadeloupe, GOUDOU-URBINO *et al.* (1993) étudient l'épidémiologie des trois espèces ou complexe d'espèces : *D. alata*, *D. cayenensis*-*D. rotundata* et *D. trifida* utilisant des plants sains obtenus à partir de graines, pour les deux premières et, à partir de vitroplants assainis pour

*D. trifida*. Ils montrent que la vitesse de recontamination dépend de l'espèce utilisée ; très rapide avec *D. trifida*, elle est moins rapide avec *D. cayensis*-*D. rotundata* et beaucoup plus lente pour *D. alata*.

A partir d'essais multilocaux, ils montrent également que la vitesse de recontamination varie avec la zone écologique concernée et qu'il est possible à la Guadeloupe de trouver des écologies où la production de plants sains à partir de vitroplants pourrait se faire avec une bonne sécurité.

## Perspectives

La sélection sanitaire apporte une amélioration des rendements (MANTELL et HAQUE, 1979 ; THOUVENEL et DUMONT, 1990) et de la qualité des ignames. Cependant, le passage du vitroplant dans la production d'igname demande encore des ajustements.

### L'utilisation directe du vitroplant en plein champ est-elle envisageable ?

Techniquement, il apparaît qu'un bon sevrage, suivi d'une protection au moins pendant les premiers jours au champ, le permettent. Il ne semble pas exister de problèmes de recontamination rapide en Côte d'Ivoire ou à la Barbade.

Il serait intéressant d'analyser les raisons de cette absence de recontamination ; le virus étant en général présent, il semble que l'absence de vecteur en soit la meilleure explication.

Il nous manque des informations sur le Nigeria où la recontamination est rapide ; dans les pays comme la Guadeloupe, il est toujours possible de trouver des niches écologiques où la recontamination ne se ferait pas. Ici aussi, il faudrait comprendre et identifier les changements, même provisoires, des conditions climatiques qui pourraient intervenir. Les risques de recontamination trop rapide peuvent conduire à l'utilisation de serres *insect-proof* assurant une protection maximum des vitroplants sains.

### Le système peut-il être économiquement rentable ?

Dans un pays où la recontamination est faible, et avec des gains de rendement de 30 à 40 %, la rentabilité peut être obtenue sur une période de 3 à 5 ans. Dans un pays où la recontamination est rapide, des études économiques incluant l'évolution de la chute de rendement après la recontamination devront

permettre de choisir entre le passage direct en plein champ et l'utilisation de serres *insect-proof*. Dans tous les cas, le coût du vitroplant devra être minimisé étant donné la longueur du cycle et la production relativement faible d'un plant d'igname.

## La filière plant sain

Les techniciens des instituts de recherche sont les premiers partisans des plants sains. Cependant, il reste souvent à convaincre les partenaires de la filière que les plants assainis leur apporteront des gains qui couvriront les frais d'achat. Dans la plupart des pays tropicaux où l'igname est cultivée, la responsabilité individuelle ne s'accompagne pas d'un esprit de pionnier, acceptant d'investir dans du nouveau, surtout quand il s'agit d'une production synonyme de traditions et de mode de vie.

Des cultures de démonstration paraissent nécessaires, avec une implication des budgets nationaux ou encore des organismes internationaux. De tels budgets auraient l'avantage d'aborder le sujet par zones de plantation et de faire diminuer la prévalence des virus en cause. Il faut encore encourager la constitution de vitrothèques pour conserver les têtes de clones assainis.

Par ailleurs, l'exemple de White Lisbon montre bien qu'il ne faut pas fonder une production sur une variété ou un nombre restreint de variétés ; il faut donc développer, sur place, des programmes de création variétale dont le premier objectif sera la recherche de résistance.

## Références bibliographiques

BALAGNE M., 1985. Le microbouturage *in vitro* de l'igname cousse-couche, *Dioscorea trifida*, en vue de son application pour la guérison de variétés atteintes de viroses. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle en sciences agronomiques, option biologie appliquée à l'agriculture, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France, 144 p.

CLARK M.F., ADAMS A.N., 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay (Elisa) for the detection of plant viruses. *Journal of Genetic Virology* 14 : 475-483.

- COLIN J., VERNON M., 1976. Anatomical study of *Prunus* meristematic tips. *Acta Horticulturae* 67 : 87-95.
- DEGRAS L., PIERRE F., ARNOLIN R., 1993. Some breeding aspects of yam (*Dioscorea* spp). International Symposium on tropical Tuber Crops Ctrci, Trivandrum, India.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1994. Annuaire de la production, vol. 38.
- GOUDOU-URBINO C., DEGRAS L., QUIOT J.-B., RICHARD C., ARNOLIN R., 1993. Etude épidémiologique de la mosaïque de l'igname (*Dioscorea* spp) en Guadeloupe pour le choix d'une méthode de lutte. I Proceedings of 29th annual meeting of Caribbean Food Crop Society, 4-10 juillet 1993. Martinique, France.
- GOUDOU-URBINO C., GIVORD L., QUIOT J.-B., BOEGLIN M., KONATE G., DUBERN J., 1996. Differentiation of yam virus isolates, using symptomatology, western blot assay, and monoclonal antibodies. *Journal of Phytopathology* 144 : 235-240.
- LIMASSET P., CORNUET P., 1949. Recherche du virus de la mosaïque du tabac (*Marmor tabaci* Holmes) dans les méristèmes des plantes infectées. *Compte rendu de l'Académie des sciences*, 228 : 1971-1972.
- MALAUURIE B., PUNGU O., TROUSLOT M.-F., 1995. Effect of growth regulators concentrations on morphological development of meristem-tips in *Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata* complex and *D. praehensilis*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 41 : 229-235.
- MALAUURIE B., THOUVENEL J.-C., PUNGU O., 1995. Influence of meristem-tip and location on morphological development in *Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata* complex « Grosse Caille » and one genotype of *D. praehensilis*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 42 : 215-218.
- MANTELL S. H., 1991. *Projet Analysis of yam virus diversity : a biotechnological approach to produce virus resistant yam (Dioscorea) plants*, soumis à Std3.
- MANTELL S.-H., MOHAMED N., HAQUE S.-Q., PHELPS R.-H., 1974. Some observations on Internal Brown Spot and virus-like symptoms of yam (*Dioscorea* spp) in the Commonwealth Caribbean. *Proceedings of Caribbean Food Crops Society* 12 : 68-73.
- MANTELL S.-H., MOHAMED N., HAQUE S.-Q., PHELPS R.-H., 1977. Virus diseases of yams in the Commonwealth Caribbean. Caribbean Agriculture Research and Development Institute. Technical report N° 3. University Campus, St Augustine, Trinidad.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1977. Three techniques for rapid clonal propagation of White Lisbon yam (*Dioscorea alata* L.). *Nouv. Agron. Antilles-Guyane* 3 (3-4) : 413-427.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., WHITEHALL A.P., 1979a. A rapid propagation system for yams. *Yam virus project Bulletin* N° 1. Caribbean Agricultural Research and Development Institute. University campus, St Augustine, Trinidad.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1979b. Disease-free yams: their production, maintenance and performance. *Yam virus project bulletin* N° 2. Caribbean Agriculture Research and Development Institute. University Campus, St Augustine, Trinidad.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1979c. Internal Brown Spot disease of yams. *Yam Virus Project Bulletin* n° 3 Caribbean Agricultural Research and Development Institute. University campus, St Augustine, Trinidad.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., WHITEHALL A.P., 1980. Apical meristem tip culture for eradication of flexuous rod viruses in yams (*Dioscorea alata*). *Tropical Pest Management* 26 (2) : 170-179.
- MARCHOUX G., EDWIGE S., 1980. Pathologie des ignames en Guadeloupe. *Maladies virales. In L'igname. Séminaire international*, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, 28 juillet-2 août 1980. Les Colloques de l'INRA, p. 93-100.
- MIGLIORI A., CADLHAC B., 1976. Contribution à l'étude de la maladie à virus de l'igname *Dioscorea trifida* en Guadeloupe. *Ann. Phytopathol.* 8 (1) : 73-78.
- MARGARA J., 1978. Mise au point d'une gamme de milieux minéraux pour les conditions de la culture *in vitro*. *Compte rendu de l'Académie d'agriculture* 8 : 654-661.
- MARTIN F.W., 1976. Tropical yams and their potential. Part 3. *Dioscorea alata*. *Agriculture Handbook* 495, USDA, Washington, USA, 40 p.
- MOREL G., MARTIN C., 1952. Guérison de dahlias atteints d'une maladie à virus. *Compte rendu de l'Académie des sciences* 235 : 1324-1325.
- MOREL G., MARTIN C., 1955. Guérison de pommes de terre atteintes de maladies à virus. *Compte rendu de l'Académie des sciences* 41 : 472-475.
- NG S.Y., 1983. Root and tuber tissue culture. *In IITA annual report 1983*, Ibadan, Nigeria, p. 133-134.
- SALAZAR S.S., FERNANDEZ R.Z.Z., 1985. Thermo-therapy, shoot tip culture, axillary bud proliferation and plant regeneration in yam (*Dioscorea trifida* L.). *In proceedings of symposium of ISTRC*, Guadeloupe 1-6 July 1985. Inra, France, p. 439-445.



- SALEIL V., 1986. Développement *in vitro* des apex isolés à partir de deux espèces d'igname : *D. alata* et *D. trifida*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle. USTL, Montpellier, France.
- SALEIL V., DEGRAS L., JONARD R., 1990. Obtention de plantes indemnes du virus de la mosaïque de l'igname (YMV) par culture *in vitro* des apex chez l'igname américaine, *D. trifida* L. *Agronomie* 10 (8): 605-615.
- SHIRAKO Y., EHARA Y., 1986. Rapid diagnoses of Chinese Yam Necrotic Mosaic Virus Infection by Electro Blot Immunoassay. *Ann. phytopath. Soc. Japan*. 52 : 453-459.
- TERRY E.R., 1976. Incidence, Symptomatology, and Transmission of a Yam Virus in Nigeria. *Proc Fourth Sympos. Int. Soc. Trop. Root Crops*. IDRC-CIAT, Colombia.
- THOUVENEL J.-C., DUMONT R., 1990. Perte de rendement de l'igname infectée par le virus de la mosaïque en Côte-d'Ivoire. *L'Agronomie tropicale* 42 (2) : 125-128.
- THOUVENEL J.-C., FAUQUET C., 1979. Yam mosaic, a new potyvirus infecting *Dioscorea cayenensis* in the Ivory Coast. *Annals of Applied Biology* 93 : 279-283.
- THOUVENEL J.-C., FAUQUET C., 1980. Problèmes virologiques de l'igname en Côte d'Ivoire. L'igname, séminaire international, Pointe à Pitre, Guadeloupe, 28 juillet-2 août 1980. *Les Colloques de l'Inra*.



# L'igname dans l'agriculture traditionnelle ouest-africaine

R. DUMONT

Cirad-ca, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

**Résumé** — En Afrique occidentale, la production des ignames est principalement basée sur les espèces *D. cayenensis-rotundata* et *D. alata* mais c'est seulement en Côte d'Ivoire que la seconde espèce est importante. L'igname est un facteur de sécurité dans la stratégie de sécurité alimentaire du monde rural et, dans un passé récent, elle est devenue un produit fortement dirigé vers le marché urbain. Dans cette dynamique, l'importance des *D. cayenensis-rotundata* à double récolte est soulignée et l'apparition des cossettes est indiquée. Les ignames sont produites aussi bien en monoculture que dans des systèmes d'associations polyculturelles. Les deux solutions paraissent compatibles avec la production commerciale. L'introduction d'une seconde culture d'ignames dans la rotation est une pratique devenant courante tandis que le recours au tuteurage ne se généralise pas. L'aspect semencier de la production semble bien maîtrisé par le paysan mais son incidence sur les coûts de production demande à être davantage étudiée. Les maladies virales ne paraissent pas constituer un frein majeur pour la production traditionnelle actuelle. En revanche, les attaques cryptogamiques peuvent diminuer considérablement le rendement chez les *D. alata*.

**Abstract** — Yam in West African traditional farming. In West Africa, yam production relies mainly on *D. cayenensis-rotundata* and *D. alata*, *D. alata* production being important only in Ivory Coast. Yam is a security element, within the food security strategy of rural areas, and more recently, yam has become increasingly important for urban markets. Regarding this trend, the main role of *D. cayenensis-rotundata* with double harvest is strengthened and the arrival of dried chips is emphasized. Yams are grown alone or in association with other crops in farming systems. The two systems allow a marketing of the production. It is becoming more and more frequent to have two yam crop in the rotation system while stakes are not very popular. Propagation aspects are under control at the farmer level but their cost effectiveness needs to be further studied. Virus diseases are not a major constraint for the current traditional farming. On the other side, fungi attacks cause big losses in *D. alata*.

## Introduction

En Afrique de l'Ouest, l'igname fait certainement partie des cultures vivrières les plus anciennes et elle reste aujourd'hui une composante importante de l'agriculture dans les régions bénéficiant d'une pluviosité annuelle supérieure à 1 000 mm. La production de l'igname est diversifiée dans sa mise en œuvre, et des contraintes particulières lui sont souvent associées. Ces différents aspects sont examinés dans le texte qui suit.

## Le matériel végétal

On rencontre cinq espèces d'ignames dans l'agriculture ouest-africaine. Ce sont *Dioscorea cayenensis-rotundata*, *D. alata*, *D. dumetorum*, *D. bulbifera* et *D. esculenta*. Seules les trois premières espèces ont un intérêt économique.

Les ignames *D. cayenensis-rotundata* sont, de loin, les plus importantes. Elles couvrent environ 90 % des surfaces consacrées à l'igname dans chacun des différents pays producteurs d'Afrique occidentale, exception faite toutefois pour la Côte d'Ivoire. Ces ignames se répartissent en deux types agronomiques. Les variétés à deux récoltes fournissent successivement des produits distincts à l'intérieur de leur cycle végétatif annuel. De juin à octobre, on obtient des tubercules consommables mais peu conservables parce que n'ayant pas atteint la maturité physiologique (établissement de la dormance) ; au terme de la période végétative (décembre), une seconde production de tubercules fournit la semence. Les variétés à récolte unique sont exploitées en fin de cycle végétatif. Les

tubercules parvenus à maturité physiologique peuvent être conservés pendant cinq mois sans altération importante de la qualité culinaire. Les types agronomiques venant d'être présentés correspondent à deux ensembles variétaux mal séparés, tout au moins si on considère le matériel végétal issu de la domestication des ignames sauvages annuelles (principalement *D. abyssinica*) qui représente la fraction économiquement essentielle des *D. cayenensis-rotundata*. Certaines variétés peuvent être exploitées aussi bien en double récolte qu'en récolte unique. Toute la production d'ignames de la Haute Guinée (pays malinké) repose sur cette ambivalence.

Les ignames *D. alata* existent partout dans la zone de production ouest-africaine de l'igname. Elles ont une importance majeure en Côte d'Ivoire où elles représentent environ 60 % des surfaces cultivées en ignames. Dans ce pays, la diversité du matériel végétal traditionnel permet d'étaler la production de novembre à janvier et la vulgarisation de la variété Florido élargit ce créneau dans le sens de la précocité de production. C'est toutefois le bon comportement en conservation qui fait l'intérêt principal de *D. alata*. Ce sont les variétés bénéficiant de cet avantage qui sont, de très loin, les plus répandues dans l'agriculture traditionnelle. Elles viennent en complément des *D. cayenensis-rotundata* à récolte unique pour garantir la sécurité vivrière pendant la période où celle-ci s'appuie sur le stockage des tubercules.

L'espèce *D. dumetorum* assure une partie importante de la production dans l'ouest du Cameroun et tout particulièrement dans la zone d'altitude soumise à une forte pression démographique. Cette igname se prête à l'échelonnement de la production parce que les différents tubercules fournis par la plante se développent successivement au cours d'une période de 15 semaines environ et conservent une excellente qualité culinaire aussi longtemps qu'ils peuvent être maintenus en terre (TRECHE, 1984).

## Les grandes caractéristiques de la production traditionnelle

L'igname reste un pilier de l'autonomie vivrière dans de nombreuses régions rurales d'Afrique. Dans la zone climatique à deux saisons pluvieuses, l'exploitation combinée des *D. cayenensis-rotundata* à deux et une récolte garantit la sécurité vivrière sur la plus grande partie de l'année. Les *D. alata* permettent d'obtenir le même résultat au prix d'un large étalement de la conservation mais seule la Côte d'Ivoire centrale a privilégié cette stratégie. Dans les savanes à une saison pluvieuse, la culture de l'igname est quasi exclusivement basée sur les *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes. Elle devient un élément de

soudure entre deux productions céréalières successives. Cette situation est générale au niveau du 10<sup>e</sup> parallèle nord, du Cameroun à la Guinée. C'est un facteur essentiel pour la sécurité alimentaire de cette zone climatique.

Les transformations socioéconomiques survenues au cours de notre dernier demi-siècle ont remanié la production traditionnelle de l'igname. Le développement des cultures de rente (notamment le coton) a amené la monétarisation de la société rurale, rendant celle-ci moins étroitement tributaire de l'igname pour sa sécurité alimentaire. Cette évolution a permis un désengagement vis-à-vis des parties les plus contraignantes de la production. Ainsi a-t-on vu diminuer l'importance de la production très précoce et de la conservation fortement prolongée (DUMONT, 1997). Ces opérations sont l'une, très aléatoire, et l'autre, grevée de plusieurs inconvénients.

La demande commerciale développée parallèlement à l'urbanisation des populations est un autre moteur des transformations intervenues dans la production des ignames. Les statistiques Fao font apparaître que la production africaine des ignames a plus que doublé entre 1984 et 1995. Ce résultat est, sans doute, le fruit d'ajustements successifs réalisés au cours des dernières décennies pour mettre l'offre en phase avec les contraintes du commerce.

La production commerciale actuelle des ignames donne une grande importance aux *D. cayenensis-rotundata* à double récolte. Cette idée est étayée par deux arguments. D'un côté, des populations peu attachées à la consommation des ignames ont, aujourd'hui, leurs revenus monétaires quasi strictivement assis sur la production commerciale des *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes. Ceci a été observé chez les Lobi du nord-est de la Côte d'Ivoire (CHALEARD, 1990) et au Cameroun chez les Duru de la plaine de Mbé et chez les Foulbé pratiquant l'agriculture dans la région de Bertoua (DUMONT et al., 1994). D'un autre côté, les études économiques conduites dans le sud-ouest du Cameroun (ACQUAH et EVANGE, 1994) et au Ghana (GHARTEY, 1995) indiquent une place prépondérante des *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes dans le commerce. Une enquête réalisée dans les pays Bariba du Bénin septentrional (DUMONT, 1997) montre aussi que les ventes d'ignames effectuées par les exploitations portent principalement sur les variétés à double récolte alors que la production est majoritairement basée sur les ignames à récolte unique.

On possède peu d'informations permettant de quantifier l'intérêt du commerce vis-à-vis des ignames à récolte unique. En Côte d'Ivoire, une étude (SCET AGRI, 1987) indique que l'offre commerciale en tubercules frais s'appuie majoritairement sur les

variétés Krenglé (*D. cayenensis-rotundata* à une récolte) et Florido (*D. alata*).

A une époque récente, on a vu se développer une transformation du tubercule appliquée à un groupe de cultivars tardifs (une récolte annuelle) relevant de l'espèce *D. cayenensis-rotundata*. La vulgarisation de cette technique trouve son point de départ dans le sud-ouest du Nigeria et elle s'est aujourd'hui prolongée jusqu'au Ghana. Son principe est la dessiccation naturelle des petits tubercules, ou moins couramment, des découpes de tubercules. On obtient ainsi des cossettes qui sont réduites en farine avant utilisation culinaire. Ces cossettes se conservent durablement et leur coût de transport est diminué de moitié par rapport à la quantité correspondante de tubercules frais. Dans le sud-ouest du Nigeria, OSAGIE (1992) estime qu'un quart de la production des ignames est transformé en cossettes. Une étude réalisée au Bénin (DUMONT et VERNIER, 1995) montre qu'au marché de Cotonou, le prix des cossettes est concurrentiel par rapport au riz importé, et compatible avec le pouvoir d'achat limité d'une grande partie de la population urbanisée.

## I Les systèmes de culture

L'igname est produite soit en monoculture, soit dans le cadre d'associations polyculturelles. Le premier cas se rencontre surtout dans les zones sèches (pluviosité annuelle inférieure à 1 200 mm) mais cette idée n'a pas un caractère exclusif.

La monoculture de l'igname est traditionnellement multivariétale et polyspécifique. L'éventail du matériel végétal utilisé reste diversifié aussi longtemps que la production se trouve dirigée vers l'autoconsommation. Une enquête conduite dans un village du Bénin septentrional a ainsi montré que l'agriculture locale exploite quatre espèces d'ignames se distribuant en 42 cultivars différents (DUMONT, 1997) mais 8 cultivars de *D. cayenensis-rotundata* couvrent cependant 70 % de la surface cultivée.

L'orientation commerciale de la production accentue la prépondérance de variétés particulières au point de tendre vers la culture monovariétale, du moins à l'échelle régionale. Sur un plan géographique plus large, il y a aussi parfois convergence dans la promotion du matériel végétal. Ainsi observe-t-on une production commerciale basée sur la variété Kpouna (*D. cayenensis-rotundata* à double récolte) dans tout l'espace allant du Bénin à la Côte d'Ivoire. Cette igname est très recherchée à cause de sa haute qualité culinaire. Au Ghana, son prix d'achat chez le producteur est surcoté de 30 à 125 % par rapport à d'autres variétés d'ignames relevant de l'espèce *D. cayenensis-rotundata* (GHARTEY, déjà cité).

Dans le système de polyculture, les ignames partagent la surface du champ avec d'autres espèces vivrières, pour la plupart de cycle végétatif annuel. L'association culturale peut être dissociée dans le temps. On a ainsi une avant-culture de sésame (*Sesamum indicum*) dans le sud-ouest du Burkina Faso ou du niébé (*Vigna unguiculata*) dans beaucoup de régions africaines. En sens inverse, l'arrière-culture est aussi fréquente pour le niébé, et elle est largement adoptée pour la mise en place du manioc dans la partie centrale de la Côte d'Ivoire.

De façon plus générale, l'igname coexiste avec les cultures lui étant associées. Celles-ci sont largement diverses (cucurbitacées, légumineuses alimentaires, céréales, etc) et leur dimension économique peut être importante. C'est le cas pour le melon eguisi (*Citrillus lanatus*) dans le sud-est du Nigeria, et pour le gombo (*Abelmoschus esculentus*) dans toute la partie humide de l'aire culturale des ignames. On soulignera aussi la comptabilité existant entre la polyculture et la production commerciale des ignames. Chez les Lobi de Côte d'Ivoire, notamment, toute la production commerciale des *D. cayenensis-rotundata* à double récolte est réalisée dans le cadre d'une association culturale avec le mil ou (et) le sorgho (CHALEARD, déjà cité).

Aussi bien en monoculture qu'en polyculture, les habitudes anciennes maintiennent l'igname en tête d'assolement après la défriche. Ceci reste particulièrement vrai pour les *D. cayenensis-rotundata* à double récolte. Néanmoins, l'introduction d'une seconde culture d'igname dans la succession culturale est une opération devenant courante du Cameroun à la Guinée. En Côte d'Ivoire, la stratégie s'appuie préférentiellement sur la variété Florido (*D. alata*) mais ailleurs ce sont les *D. cayenensis-rotundata* qui sont sollicitées. Avec la variété Bakokaé, les Duru du Nord-Cameroun obtiennent encore deux récoltes annuelles en faisant revenir l'igname derrière l'association maïs/sorgho. Au Nigeria et au Bénin, la réintroduction de l'igname en cours d'assolement est valorisée par des variétés à récolte unique dont notamment celles utilisées pour le commerce en cossettes. En Guinée, une autre solution a été adoptée. Les mêmes variétés sont cultivées en tête et en troisième année d'assolement, elles sont traitées en double récolte dans le premier cas et en récolte unique dans l'autre cas.

## I Le problème semencier

Les ignames les plus communément cultivées sont essentiellement reproduites par voie végétative en partant des tubercules. La fraction semencière est

fournie par la seconde récolte chez les *D. cayenensis-rotundata* à double récolte et, par la récolte unique chez les autres ignames. Dans ce dernier cas, la disponibilité semencière existe chez les variétés produisant simultanément des tubercules de calibre très différents, les petits servant à la reproduction. Par ailleurs, chez certaines ignames tardives, les techniques culturales permettent de faire varier le nombre et le volume des tubercules produits par la plante ; ainsi peut-on concilier la production semencière avec l'objectif vivrier. Il reste cependant que plusieurs variétés de *D. alata* et *D. cayenensis-rotundata* tardives n'ont pas une production semencière individualisée. Il devient alors nécessaire de découper les gros tubercules pour obtenir la semence. Cette contrainte accompagne parfois des ignames fortement recherchées par le commerce. C'est notamment le cas pour la variété Krenglé (*D. cayenensis-rotundata*) de Côte d'Ivoire.

La pratique semencière traditionnelle a clairement une dimension sélective. Chez les *D. cayenensis-rotundata* à double récolte, seuls les individus vigoureux peuvent produire de la semence. On a une sélection à l'occasion de chaque cycle végétatif. Une forme de sélection différente s'applique aux ignames tardives. Les tubercules pesant moins de 500 g sont rarement utilisés pour la reproduction. L'agriculteur préfère, de loin, employer des tubercules suffisamment volumineux pour fournir plusieurs semences. MIEGE (1957) a démontré l'existence d'une relation positive entre le rendement et le poids du tubercule-mère à l'origine de la semence ; toutefois, cet effet n'a pas été expliqué.

Le poids unitaire de la semence diffère largement selon le type d'igname concerné et, à l'intérieur de chacun d'eux, il existe une variation semblant inversement proportionnelle à la densité de plantation pratiquée. Les poids varient de 700 g à 400 g pour les *D. cayenensis-rotundata* plantées à une densité de 2 500 à 5 500 plantes par hectare. En revanche, des semences de 300 à 150 g sont utilisées pour les ignames à une récolte dont la densité de plantation varie entre 5 000 et 10 000 plantes par hectare. La quantité de semence nécessaire pour planter 1 hectare d'igname va donc de 1,5 à 2,2 t sans tenir compte des pertes inhérentes à la conservation antérieure dans le cas où celle-ci est nécessaire.

La disponibilité semencière existant dans l'agriculture actuelle est souvent regardée comme un frein pour la production de l'igname tandis que la valeur monétaire élevée des semences est donnée comme un facteur pesant lourdement sur le coût de production. Ces deux arguments doivent être nuancés.

Bien que la demande vivrière ait fortement développé la production commerciale des ignames au cours de ces dernières décennies, un marché correspondant des semences d'ignames ne s'est pas vraiment mis en

place. Dans l'ensemble, l'agriculteur assure ses besoins en semences mais il est certain aussi que les exploitations peuvent difficilement changer rapidement leur échelle de production parce que le coefficient de multiplication de l'igname est faible.

La valeur monétaire de la semence est une notion offrant un large champ de discussion et d'interprétation. Chez les *D. cayenensis-rotundata* à double récolte, la semence est obtenue en supplément de la production commercialisable. Une situation inverse s'observe chez les ignames tardives multipliées par fragmentation du tubercule ou utilisées pour la fabrication de cossettes. Dans tous les cas, par ailleurs, la semence est un investissement de longue durée venant habituellement de l'héritage familial et non pas une sortie monétaire répétée à l'occasion de chaque cycle cultural. Faute de prendre en compte ces différentes dimensions, le prix de revient de l'igname atteint un niveau très élevé. Ainsi, dans le sud-ouest du Cameroun, la valeur des semences utilisées pour la production des *D. cayenensis-rotundata* à double récolte est-elle évaluée à 560 dollars US par hectare, représentant 44 % du coût de production (ACQUAH et EVANGE, déjà cités).

## **I** Le tuteurage

Toutes les ignames cultivées profitent des tuteurs naturels existant dans le champ mais le tuteurage artificiel s'applique quasi restrictivement aux *D. cayenensis-rotundata* à double récolte. L'effet de la technique a été mesuré dans plusieurs régions d'Afrique occidentale. Le gain de rendement enregistré est de 24 % au Togo (OLYMPIO, 1982), de 39 à 52 % dans la zone d'altitude du Cameroun (LYONGA, 1976) et de 64 % sur 8 observations réalisées dans l'Etat Bénoué au Nigeria (IITA, 1995).

Les plantes sont tuteurées individuellement ou plusieurs plantes partagent un même tuteur. Cette liberté d'application, ajoutée à la diversité des densités de plantation pratiquées, explique que les besoins en travail varient fortement pour le tuteurage. La quantité de journées de travail nécessaire à l'opération va de 56 dans l'ouest du Cameroun (LYONGA, 1976) à 95 chez les Duru, au Cameroun septentrional (PFEIFFER et LYONGA, 1987) en passant par 62 dans le sud-est du Nigeria (OYOLU, 1982).

Quoique son efficacité ait été démontrée dans plusieurs régions différentes, le tuteurage est absent des pratiques culturales dans une grande partie de la zone de culture de l'igname. Apparemment, cette absence ne détermine ni chute de rendement en tubercules commercialisables, ni réduction dans l'étalement de la production. Concernant ce second

point, on notera que, sans tuteurage, les Bariba du Bénin septentrional ont une production aussi précoce (juillet) que les Lobi de la région climatique correspondante de Côte d'Ivoire fortement attachés au tuteurage.

Le tuteurage apparaît donc nécessaire dans certains cas et pas dans d'autres sans que les raisons expliquant cette différence soient bien connues. L'association polyculturelle est probablement une des ces raisons mais on peut en soupçonner une autre. Un grand nombre d'observations réalisées en milieu paysan ivoirien (DUMONT et LETOURMY, à paraître) indique que chez les *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes, le probabilité d'obtenir la quantité de semences permettant de reconduire la culture dépasse 97 % quand on combine le tuteurage avec la faible densité de plantation alors que cette probabilité tombe à 67 % pour les fortes densités de plantation non accompagnées de tuteurage.

## Les problèmes sanitaires

La mosaïque est provoquée par un potyvirus connu sous le nom de *Yam Mosaic Virus* (YMV). Des chutes de rendement importantes sont attribuées à la mosaïque mais elles sont rarement quantifiées. THOUVENEL et DUMONT (1990) montrent que les plantes de Florido (*D. alata*) porteuses de virus ont leur productivité diminuée de 25 %. GOUDOU-URBINO (1995) relève 100 % de plantes infectées par le virus à l'intérieur de la population actuelle des *D. cayenensis-rotundata* survivant dans le centre du Burkina Faso. En revanche, dans le sud-ouest du pays, où les *D. cayenensis-rotundata* sont fortement cultivées, le même auteur n'observe plus que 10 à 15 % de plantes porteuses du YMV. Cette dernière situation est probablement la plus générale en Afrique et il est probable qu'elle est, en partie, liée à la sélection semencière pratiquée par le cultivateur.

Un virus est également soupçonné à l'origine de la maladie des taches brunes ou Intern Brown Spot (IBS) qui affecte l'espèce *D. alata* cultivée en Afrique (THOUVENEL et al., 1985). Le problème a une dimension économique pour la Côte d'Ivoire qui appuie une grande partie de sa production d'ignames sur les *D. alata*. Toutefois, ce problème n'a pas été signalé, jusqu'à présent, sur la variété Florido qui fournit la majeure partie de la production commerciale.

La maladie la plus dommageable chez l'igname correspond à un syndrome connu sous le nom de « flétrissement » en Côte d'Ivoire et de *Scorch die back* au Nigeria. Ce syndrome affecte essentiellement l'igname *D. alata*. Il est souvent confondu avec l'an-

thrachnose déterminée par *Collectotrichum* sp. mais il a été montré que d'autres champignons sont souvent associés (SEGUR, 1988). La maladie provoque des nécroses foliaires et parfois la destruction totale de l'appareil végétatif ; dans ce second cas, la production est fortement compromise. La variété Florido apparaît tolérante à la maladie. C'est certainement une des raisons expliquant la part importante de cette igname dans la production commerciale ivoirienne.

Les nématodes sont souvent indiqués comme un obstacle pour la production de l'igname pratiquée dans l'agriculture plus ou moins sédentarisée. Dans ce cadre, on observe effectivement des tubercules endommagés par les *Scutellonema* ou (et) les *Meloidogynes*. L'effet de ces nématodes demande encore à être quantifié sur le rendement, les pertes en conservation et l'incidence commerciale. D'après ce qu'on voit aujourd'hui, la pression des nématodes reste faible quand l'igname est réintroduite dans un assolement ayant une jachère de longue durée à son point de départ.

## Conclusion

En partant de ses fondements traditionnels, la production de l'igname s'adapte progressivement aux mutations de la société africaine. Cette évolution suit des voies diverses et il est très possible que l'avenir modifie encore le rapport de force entre les tendances actuelles de l'agriculture. En particulier, on ne doit pas exclure la montée en puissance des *D. alata* dans la stratégie de production ou encore le remplacement des tubercules frais par les cossettes dans la partie des échanges commerciaux aujourd'hui alimentée par la conservation de longue durée.

## Références bibliographiques

- ACQUAH E.T., EVANGE N. W., 1994. The economic of yam (*Dioscorea* sp) production in Cameroun : the case of Fako division. Acta Horticulture 380 : 373-377.
- CHALEARD J.-L., 1990. Croissance urbaine et dynamisme rural : l'igname des Lobi (Côte d'Ivoire). In Dynamique des systèmes agraires. La dimension économique. Colloques et séminaires. Orstom Bondy, Paris, France, p. 129-147.



- DUMONT R., HAMON P., SEIGNOBOS C., 1994. Les ignames du Cameroun. Collection Repères, cultures annuelles, 80 p.
- DUMONT R., VERNIER P., 1995. La production et l'utilisation des cossettes d'ignames (*D. cayenensis-rotundata*) au Bénin. Situation actuelle et perspectives. In 6th Symposium ISTRC. L'ilongwe (Malawi), 22-28 octobre 1995.
- DUMONT R., 1997. Enquête sur la production de l'igname dans un village Bariba du Nord-Bénin. Cahiers de la recherche-développement. Cirad-sar, n° 43 : 35-51.
- DUMONT R., LETOURMY P. (à paraître). Productivité, capacité semencière et réponse à la fertilisation chimique des ignames *D. cayenensis-rotundata* à double récolte cultivées dans la zone de savane de Côte d'Ivoire.
- FAO, Annuaire de production, 1984 à 1995.
- GHARTEY A. B., 1995. Export of yams from Ghana. Report to the Post-Harvest Project. MoFA-GTZ Technical Cooperation, 53 p.
- GOUDOU-URBINO C., 1995. La mosaïque de l'igname : aspects épidémiologiques au Burkina Faso et variabilité du virus. Thèse, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II, 147 p.
- IITA, 1995. Yam Research at IITA : 1971-1993. IITA Ibadan Nigeria, 39 p.
- LYONGA S. N., 1976. Production investigations on edible yams (*Dioscorea* spp) in the western and north-western highland savannes zone of the united republic of Cameroun. Thesis Ph D, University of Ibadan, Nigeria, 298 p.
- MIEGE J., 1957. Influence de quelques caractères des tubercules semences sur la levée et le rendement des ignames cultivées. J. Agric. Trop. Bot. Appl. 4 (7/8) 315-342.
- OLYMPIO H. K., 1982. L'igname au Togo. In Yams-Ignames. Edited by J. Miege and S. N. Lyonga. Clarendon Press Oxford, p. 173-184.
- OSAGIE A. U., 1992. The yam tuber in storage. Published by Departement of Biochemistry. University of Benin, Benin City, Nigeria, 247 p.
- OYOLU C., 1982. Inherent constraints to high productivity and low production cost in yam (*Dioscorea* spp) with special reference to *Dioscorea rotundata* Poir. In Yams-Ignames. J. Miege and S. N. Lyonga Eds. Clarendon Press Oxford, p. 147-160.
- PFEIFFER H. J., LYONGA S. N., 1987. Traditionnal yam cropping in the Suddan savannah (Cameroon). CNRCIP Adamaoua, Cameroun, 14 p.
- SCET AGRI, 1987. Etude de la filière ignames en Côte d'Ivoire. Rapport. Paris, France, 209 p.
- SEGUR C., 1988. Les champignons agents du flétrissement de l'igname. Diplôme d'agronomie tropicale. Ecole supérieure d'agronomie tropicale de Montpellier, France, 45 p.
- THOUVENEL J. C., FARGETTE D., FAUQUET C., 1985. La maladie des taches brunes du tubercule d'igname en Côte d'Ivoire. VII Symposium ISTRC. Guadeloupe, p. 321-326.
- THOUVENEL J. C., DUMONT R., 1990. Perte de rendement de l'igname infectée par le virus de la mosaïque en Côte d'Ivoire. L'Agron. Trop. 42 (2) : 125-128.
- TRECHE S., 1984. Changes in the nutritive value of two yam species (*Dioscorea dumetorum* and *D. rotundata*) during growth and storage of the tubers. In Proc. 6th Symposium ISTRC. Lima, Peru 21-26 February 1983. International Potato Center (CIP). Lima, Peru.

# **L** La mécanisation et la culture de l'igname : quel itinéraire technique pour l'avenir ?

M. FARANT

Inra, domaine expérimental de Godet, 97131 Petit-Canal, Guadeloupe

**Résumé** — L'igname est l'une des principales plantes à tubercule cultivées en zone tropicale. Actuellement, avec la nécessité d'augmenter la production à moindre coût, la tendance est au développement croissant de cette culture qui occupe de plus en plus de zones mécanisables. L'une des conditions essentielles pour réussir une culture d'igname consiste à réaliser une bonne préparation du sol pour faciliter l'amélioration de l'enracinement et la tubérisation. Une stratégie de développement du machinisme agricole devrait être une préoccupation essentielle aujourd'hui, compte tenu du coût de la main-d'œuvre, de la nécessité de produire plus et mieux, de l'intérêt à réduire le coût de production et de l'obligation de dégager un revenu pour le producteur.

**Abstract** — The yam crop and the mechanization: what technical path for the future? Yam's are one of the principal tuber plant that grow in the tropical zone, actually with the necessary to increase the product at a favourably cost, the tendency is a great development of this culture which occupy more and more the mechanisation zone. One of the first conditions to obtain a yam's culture in the best condition is to do a very good preparation of the soil, to facility the development of the root's and the tuber. A strategy to develop the mechanization in agriculture should be one essential preoccupation today, if we consider the cost on manpower, the necessity to produce more and better, to lower the cost production and the obligation to obtain a net income for farmers.

L'igname est l'une des principales plantes à tubercules cultivées en zone tropicale. Actuellement, avec la nécessité d'augmenter la production à moindre coût, la tendance est au développement croissant de cette culture qui occupe de plus en plus des surfaces mécanisables en Guadeloupe. En effet, d'importantes surfaces sont libérées par la diminution de la culture de la canne à sucre, l'igname s'intègre parfaitement dans ces zones de plaines mécanisables et constitue un atout majeur dans la diversification et la rotation culturale. Une mécanisation adaptée à cette culture

notamment pour l'espèce *D. alata* et un itinéraire technique s'inscrivant dans un système canne à sucre-cultures vivrières a été mis au point et testé en Guadeloupe et applicable dans bon nombre de région de la zone caraïbe.

## **I** Importance de l'igname dans la région Caraïbe-Amérique

Les plantes alimentaires telles que : l'igname, la patate douce, la pomme de terre, la dachine, le malanga, l'*arrow root*, le manioc... jouent un rôle fondamental dans la région Caraïbe-Amérique : rôle alimentaire, qui n'est plus à démontrer, de subsistance, voire de résistance, pour certains pays (Haïti), rôle économique — échange entre pays de l'Oecs, la Jamaïque, l'Amérique du Nord, le Canada, voire le marché de Londres — rôle culturel (offrande, croyance), comme l'attestent les différents rituels de plantation et de récolte dans certains pays, dans certaines communautés, indienne, créole, amérindienne, etc. Ces plantes, et particulièrement l'igname, rentrent dans le vocable « racine » chez nous et elles occupent une place importante dans l'alimentation de base d'une grande partie des populations de ces régions.

La culture de l'igname a la particularité d'être conduite à la fois de manière traditionnelle (Guadeloupe, Martinique, pays de l'Oecs, Jamaïque, Guyane, etc.) et est souvent associée à d'autres plantes à tubercule. Mais l'igname peut être également conduite de manière très moderne, particulièrement l'espèce *D. alata* qui est parfaitement adaptée à

la mécanisation, notamment les variétés *belep*, *kina-bayo*, *plimbite-oriental* qui sont conduites sans tuteurs avec des tubercules ayant un poids moyen de l'ordre de 1,2-1,5 kg.

Les spécificités de ces pays Caraïbe-Amérique se situent, en revanche, dans le choix des variétés cultivées, du mode de plantation, de l'entretien, du mode de récolte et du conditionnement. Il convient de signaler qu'en Guadeloupe, l'igname reste la principale plante à tubercule cultivée par les agriculteurs vivriers.

## Quel est le niveau de mécanisation dans la culture de l'igname en Guadeloupe ?

Le parc de matériels utilisés spécifiquement pour les plantes à tubercules et particulièrement pour la culture de l'igname est très difficile à identifier. On trouve souvent du matériel utilisé traditionnellement pour la banane en Basse-Terre ou la canne à sucre en Grande-Terre :

- tracteur à roues : souvent trop lourd ;
- charrue à disques ;
- charrue à socs très limitée ;
- sillonneuse ;
- pulvérisateurs à disques, etc.

On constate, cependant, qu'il manque souvent du matériel de finition pour les façons superficielles, herse, chisel, rotalabour... Une enquête réalisée par l'Inra, sous l'égide du groupe de réflexion sur la mécanisation, a montré que parmi les exploitations agricoles :

- 2,8 % possèdent un tracteur à roues ;
- 0,8 % possèdent un motoculteur.

Ces chiffres laissent supposer une agriculture fort peu mécanisée. Ils masquent, cependant, une très grande variabilité. Certains agriculteurs sont suréquipés, ou souvent mal équipés, et d'autres possèdent à peine un équipement de base pour assurer le fonctionnement de l'exploitation. On peut classer les agriculteurs producteurs d'ignames en trois catégories.

Une première catégorie d'agriculteurs travaille manuellement de manière très traditionnelle. Ce sont en majorité de petits planteurs pratiquant une agriculture de type jardin vivrier avec plusieurs cultures associées autour de l'igname.

La deuxième catégorie concerne les agriculteurs regroupés en « cuma cannier » ou « groupement bananier » avec comme culture de base, la canne à sucre ou la banane. Ce sont des exploitations moyennes à grandes, utilisant l'équipement de la

canne à sucre ou de la banane et faisant entrer l'igname dans leur rotation culturale.

La troisième catégorie regroupe des exploitations, de taille variable, qui font appel aux entreprises privées (souvent à l'inter-récolte). La disponibilité des machines est souvent difficile à concilier avec la période optimale de préparation des sols (mobilisation des tracteurs pendant la récolte de canne à sucre en ce qui concerne la Grande-Terre). Il existe donc un besoin réel en mécanisation et une demande clairement exprimée par les professionnels agricoles, producteurs d'igname, en particulier pour la production de l'espèce *D. alata* qui possède des atouts majeurs : elle est cultivée en zone de plaine, adaptée à la mécanisation, implantée en zone irrigable, peut être conduite sans tuteurs et bénéficie d'un marché potentiel considérable, notamment en matière de production de plants et des acquis de la recherche.

Un projet de recherche entrepris dès 1984 par l'Inra sur l'amélioration de l'itinéraire technique a permis d'aboutir à la modernisation de la filière. La réalisation d'une culture intensive d'igname nécessite la prise en compte de nombreux facteurs tels que :

- l'état physico-chimique du sol, qui a une incidence directe sur le type de travail à réaliser, le choix des outils à utiliser, l'équipement nécessaire à obtenir, le niveau d'amendement à apporter (organique ou calcique), le niveau de fertilisation minérale à apporter, le choix des espèces et des variétés à mettre en place ;
- la situation phytopathologique qui détermine l'intensité de la lutte phytosanitaire à mener et la maîtrise des mauvaises herbes dans les parcelles d'igname ;
- le système de culture pratiqué ; l'igname étant une plante de rotation, le précédent cultural a une importance capitale sur le rendement et l'état sanitaire de la culture (nématode, vers blanc, anthracnose).

## Les travaux entrepris

Ces dernières années, les efforts ont porté sur les points suivants :

- la mise en place d'un système de culture raisonnée, intégrant l'igname *D. alata* dans une rotation avec, comme précédent cultural, la canne à sucre : canne, igname, céréale, légumineuse ou culture maraîchère, canne ; ce travail pluridisciplinaire se poursuit sur le domaine de l'Inra, à Godet, incluant des compétences en agronomie, en amélioration des plantes, en pathologie végétale, en malherbologie et en zoologie ;
- la préparation du sol et l'enfouissement de la matière organique (problème agronomique majeur). Un itinéraire de préparation du sol finalisé par un

billonnage permettant d'obtenir un bon développement du système racinaire de la plante et une tubérisation satisfaisante a été mis au point ; ce travail a abouti à la réalisation d'un billonneur Inra breveté, spécifique pour l'igname avec la possibilité d'être utilisé également pour la préparation des sols des autres plantes à tubercules (pomme de terre, manioc, patate douce) ;

- le désherbage chimique raisonné pour contrôler les mauvaises herbes ;

- l'utilisation de semences de qualité et la pratique de mini-semences (50-80 g) ;

- l'échelonnement de la plantation en jouant sur le choix des espèces, des variétés, la date de plantation et la densité par hectare, qu'il s'agisse de production classique ou de production de plants ; la plantation mécanisée est actuellement une réalité, l'Inra vient de mettre au point une planteuse qui s'accouplera avec le billonneur : le billonnage et la plantation seront réalisés en un seul passage ;

- la récolte reste un poste de travail important, même si elle est, pour l'instant semi-mécanisée, il serait nécessaire d'apporter à l'avenir quelques améliorations.

Trois points méritent une attention particulière, il s'agit de la fertilisation, l'irrigation et la conservation des tubercules où tout reste à faire.

Ce programme de mise au point d'un itinéraire technique pour la culture de l'igname, malgré les faibles moyens financiers dont il disposait, a pu aboutir grâce à l'étroite collaboration entre la recherche, une société industrielle et commerciale « Socomeco L M Technologie » qui a permis la fabrication des prototypes (billonneur-planteuse) et l'association des producteurs d'igname de la Guadeloupe. C'est une formule à encourager dans l'avenir avec davantage de moyens financiers pour une progression plus rapide.

## Perspectives et objectifs pour la recherche

Dans le contexte actuel du développement des plantes à tubercules en s'appuyant sur un ensemble de données comme : la diversification des cultures, l'organisation et l'augmentation de la sole en igname, le développement de l'irrigation, l'installation de

jeunes agriculteurs sur des parcelles mécanisables et viabilisées (réforme foncière), il conviendrait de :

- renforcer des actions de recherche mieux adaptées à la production de l'igname (irrigation fertilisante, recherche variétale...) ;

- poursuivre l'étude sur la mise en place d'un système de culture à faibles intrants s'appuyant sur des données scientifiques et techniques fiables, permettant de proposer aux agriculteurs un itinéraire technique lisible et adapté aux réalités régionales ;

- intensifier les recherches sur la récolte mécanique, poste de travail gros consommateur de main-d'œuvre ;

- porter une attention particulière à la conservation des tubercules ;

- développer et favoriser la production de plants par des techniques modernes garantissant la qualité sanitaire des semences...

Sans parler de révolution dans ce domaine, l'effort, avec pour objectif de proposer aux agriculteurs un itinéraire technique hautement amélioré et adapté à la situation de la culture de l'igname, paraît potentiellement très fructueux. Ces programmes devraient bénéficier de la collaboration :

- de la recherche : Inra-cirad ;

- des industriels et des distributeurs ;

- de la profession agricole.

La qualité des prototypes réalisés à ce jour sur place en Guadeloupe permet d'être optimiste. Un financement local avec l'aval de la profession doit pouvoir être mis en place pour la réalisation d'un tel programme.

## Conclusion

L'importance du machinisme agricole est renforcée par l'évolution de la situation générale de l'agriculture en Guadeloupe. La concertation entre les différents acteurs de la filière : chercheurs, développeurs, industriels, agriculteurs, se révèle indispensable pour adopter une stratégie commune de développement de la mécanisation.

Tout en étant une culture traditionnelle, l'igname représente une solution pour le développement d'une agriculture durable, rentable et viable. Le passage à un itinéraire mécanisé semble être une évolution nécessaire pour promouvoir cette production aux Antilles françaises et dans les autres pays producteurs de la zone Caraïbe-Amérique.





J. BERTHAUD, N. BRICAS,  
J.-L. MARCHAND (Eds), 1998.  
L'igname, plante séculaire et culture d'avenir.  
Actes du séminaire international  
Cirad-Inra-Orstom-Coraf.  
3-6 juin 1997, Montpellier, France.

# Yam Production in Nigeria

G. C. ORKWOR

NRCI, National Root Crops Research Institute, Umudike, PMB 7006, Umuahia, Abia State, Nigeria

**Abstract** — Nigeria is the world's largest producer and consumer of food yams. Global production of food yams is now estimated at 32,9 million metric tonnes per annum with about 96% of this produced in the West African yam belt and Nigeria alone accounts for over 70% of this world total. The six major species produced in Nigeria are *Dioscorea rotundata* Poir (the most preferred and widely cultivated believed to have originated from south eastern Nigeria along the river banks of the Niger river). Others are *Dioscorea cayenensis* (yellow yam), *Dioscorea alata* (water yam introduced from south east Asia), *Dioscorea dumetorum* (bitter yam), *Dioscorea bulbifera* (aerial yam) and *Dioscorea esculenta* (Chinese yam). Originally, production was concentrated in the rain forest zones of the south but in the past couple of decades production zone has shifted to the guinea savannah zones with adequate rainfall well distributed over a period of six months optimum sunshine hours and clear atmospheric environment for direct transmission of solar energy to the crop for the require source production to the sink for tuber formation and bulking with minimal staking of the vines. Annual production in Nigeria has fluctuated from 16.0 million metric tonnes in the early eighties to 19.8 million tonnes in 1986 and has steadily risen from 20 million tonnes in the early nineties to 22.8 in 1995 and up to 25.2 million tonnes in 1996. Production index has risen from 100 in 1992 through 110 in 1993 up to 150 in 1996. This paper reviews production system, advances in research and areas that call for more research in the production of yam in Nigeria.

**Résumé** — La production de l'igname au Nigeria. Le Nigeria est le plus grand producteur et consommateur d'ignames au monde. La production mondiale est estimée à 32,9 millions de tonnes par an, 96 % sont produits dans la ceinture de l'igname d'Afrique de l'Ouest et le Nigeria compte pour environ 70 % de la production mondiale. Les 6 principales espèces d'ignames cultivées au Nigeria sont : *D. rotundata*, la plus appréciée et la plus largement cultivée, qui serait originaire du sud-est du Nigeria le long du Niger, *D. cayenensis*, *D. alata*, introduite du Sud-Est asiatique, *D. dumetorum*, *D. bulbifera* et

*D. esculenta*. Autrefois, la production était concentrée dans les zones forestières humides du Sud mais, depuis vingt ans environ, elle s'est déplacée vers les zones de savane ayant une pluviométrie suffisante et bien répartie sur une période de six mois, une atmosphère claire et un ensoleillement favorable à la photosynthèse pour la formation du tubercule avec un tuteurage minimum. La production annuelle du Nigeria a augmenté de 16 millions de tonnes au début des années 80 à 19,8 millions de tonnes en 1986 et continue d'augmenter de 20 millions de tonnes au début des années 90 à 22,8 millions de tonnes en 1995 et 25,2 millions de tonnes en 1996. Cet article passe en revue les systèmes de production, les résultats de la recherche et les domaines demandant plus de recherches pour favoriser la production de l'igname au Nigeria.

Nigeria is the world's largest producer and consumer of food yams (ORKWOR et al., 1992) Global production of food yams is now estimated at 32,9 million metric tonnes per annum with about 96% of this coming from the west African yam zone and Nigeria alone accounts for about 70,71% of the word total. Almost all the food yams produced in Nigeria are consumed internally. The importance of yam as a major staple food in this country cannot be over emphasized.

Yam species *Dioscorea rotundata* Poir (white guinea yam), the most preferred and widely planted, has been described as the indigenous food crop of eastern Nigeria (UZOZIE, 1971). The most implicated place of origin of *D. rotundata* is the eastern bank of the river Niger where a lot of ritualism has been developed over centuries around the production and consumption of yam, for example the new yam festivals celebrated August to September every year. The importance of yam in Nigeria and indeed throughout

the West African yam zone is not only for its role as a major staple but its socio-cultural significance in the life of the people, well over 160 million throughout the yam belt of West African especially in Nigeria.

Because of the peculiarities of the crop, yam has a number of constraints that militate against its production. Some technologies however have been developed to ameliorate a number of the production constraints.

Despite the importance of yam as a major staple food in Nigeria and throughout the yam belt, this crop has not received adequate research and funding required for its genetic development and sustainable production.

In the recent years there have been growing fears that yam production would go down especially as cassava, a cheaper source of carbohydrate in terms of production costs is assuming a stronger food security role in Africa but in Nigeria, however, yam production is on the increase. This paper reviews the importance of yam in Nigeria, production requirements, constraints to production, developed technologies to ameliorate the constraints and needed research directions for sustainable yam production in Nigeria.

## The importance of yam in Nigeria and species produced

Before the introduction of other food crops such as maize, cassava, white rice, sweet potato and cocoyams into Nigeria in the early part of 16th Century by the Portuguese sea fares and early missionaries, yams have been the major source of carbohydrate and still accounts for over 300 calories of daily intake in the diet of Nigerians. The most preferred and cultivated food yam in Nigeria is *Dioscorea rotundata* Poir. The most cherished food form of *D. rotundata* in Nigeria is the pounded yam, the *fufu*. This is prepared by pounding boiled yam into a homogeneous paste which is served with egusi-melon soup or *ogbono* prepared with meat, fish and vegetables. It is the pounding quality of yam species into a homogeneous paste (*fufu*) that determines its importance and preference as a food item in Nigeria. Consequently the two most preferred yam species in Nigeria are *D. rotundata* and *Dioscorea cayenensis* because of their good pounding qualities.

Other species of yam produced in Nigeria are *Dioscorea alata* (water yam) believed to have originated from South east Asia and introduced into Nigeria from Asia. This species does not pound well and is usually consumed as boiled yam. *D. alata* is

consumed mealy in the months of April-August when the other preferred yams have become very scarce and costly in the market. *Dioscorea dumetorum* (bitter yam) is also produced and consumed in the country. It is usually boiled and eaten with vegetable oil or soup, as it does not pound well into *fufu*. Other minor yams produced in Nigeria are *Dioscorea bulbifera* (aerial yam) and *D. esculenta* (chinese yam).

Yam, especially pounded *fufu* is a festival menu in Nigeria. Big tubers of *D. rotundata* are gift items to loved ones. In the past dowries contained specified tubers of yams. An annual festival, the New yam festival, is celebrated especially in Eastern Nigeria from mid-August to September when new yams are harvested and eaten for the first time in the year. It is a ceremony marked with festivities and ritual offerings of the new yams to God by Christians and deities by nonchristians. Each autonomous community takes a date in consultation with their traditional rulers and elders and celebrates their New yam festival. Until the festival is celebrated, it is a taboo to eat new yam in the community.

Yam is regarded as the king of all arable crops in Nigeria. It is a revered crop and a totem of maleness. Although women participate in the production of yam especially weeding, the respected Ezeji tittle (king of yams) is conferred only on male farmer who have satisfied the requirements of producing several thousands of tubers of *D. rotundata* in one cropping season. The best and most fertile land a farmer has in a cropping season is usually allocated to yam. Yam is a calender crop that signals the cropping season. It is the first crop to go in at the beginning of the cropping season. Because of the importance and value attached to yam as food and a ceremonial crop it earns more money per unit weight than other roots and tuber crops in Nigeria and all through the yam belt of west Africa. A lot of literature testify to the socio-economic importance of yams in West Africa and Nigeria in particular (COURSEY 1965, 1967a; ALEXANDER and COURSEY, 1969; COURSEY and COURSEY, 1971).

Yam is a tropical tuber crop which is usually grown as a rain-fed crop for its edible tubers for a period of 6-12 months depending on the cultivar and purpose of production. Originally yam was regarded as a rain-forest crop and production was concentrated in forest zones. Some species such as *D. alata*, *D. cayenensis* by their nature and growing habits are better adapted to the forest zones with heavy rainfall. Production however in the recent years has been shifting up north to the Savannah ecological zones in Nigeria. The yam zone in Nigeria is now widened to cover the rainforest, derived guinea Savannah and the southern guinea savannah ecological zones. These zone are found between latitudes 5° and 10° with the highest



concentration around latitudes 6° and 9°. The short drought resistant varieties of *D. rotundata* are well adapted to the savannah ecologies, with the highest production areas located at Benue and Southern plateau states. These ecological yam zone are found all through the West Africa yam belt which stretches from the central region of Côte d'Ivoire in the valleys of Bandama river through the Central and Southern regions of Ghana to the Republics of Togo, Benin, Nigeria and the western regions of the Cameroon (COURSEY 1967; 1972; ONWUEME, 1978; HAHN *et al.*, 1987 and ORKWOR *et al.*, 1991).

Yam production in Africa in the past one decade has moved from 22 million metric tonnes in 1979-1981 to a very high peak of 26 million tonnes in 1986 and drifted back to 22 million in 1988 and since then has been rising and is now at 24 million tonnes per annum (FAO, 1988). This is typical of the production trend in Nigeria which accounts for over 80% of the Africa's annual production of the crop: Nigeria's yam production has moved from 16 million tonnes in the early eighties to 19.8 million in 1986, went back to 16 million tonnes in 1988 and has since been rising and recorded about 18.2 million tonnes in 1988 (FAO, 1988). In a recent crop area yield (CAY) survey conducted by the Agricultural Project Monitoring and Evaluation Unit (APMEU) in the Federal Department of Agriculture in Nigeria, it was shown that national annual production of yam now stands at 25.2 million tonnes (APMEU, 1996) and this was cropped on a land area of 2.4 million hectares and at a yield average of 10.7 t/ha. This is a tremendous increase in national output of yam from 18.2 million tonnes in 1988. In the past six years there has also been a steady increase in yam production index in Nigeria ranging from 100 in 1992, 110 in 1993, 127 in 1994, 136 in 1995 up to 150 in 1996 (APMEU, 1996). It's worthy of note that almost all the yam produced in Nigeria come from the *D. rotundata* cultivars.

## Production system

Yam is generally grown as a base-crop in an intercropping system that dominates the cropping system in the humid and subhumid tropics. Yam-based intercropping involves crop combinations that have almost in all cases included maize (*Zea Mays* L.) and vegetables (OKIGBO and GREENLAND, 1976).

The bulk of yam production in Nigeria therefore is carried out in the predominantly traditional agricultural system characterized by low input production system. The number of component crops in yam field decreases with increases in farm size and as one moves farther away from homestead farms. In some specific cases yam is also grown as a sole crop espe-

cially in the case of seed yam production and ware yam production in large farms in the southern guinea savannah.

Yield of yams in Nigeria has improved from 5-7 t/ha in the fifties to 11.3 t/ha in 1982 and 12.1 t/ha in 1986 and declined to 10.92 t/ha in 1987 (FAO, 1988). Despite the apparent decrease in yield per hectare higher rate of production is achieved by putting more hectares to yam. Yields are generally higher on per hectare basis in the Southern Guinea Savannah 9-14. t/ha but bigger tubers (ceremonial yams) are produced in forest zone. OLAYIDE (1972) had earlier reported that the commercial yield of yam in Nigeria is only about 14% of the crop's potential yield capacity. This means that there is a lot of room up to 84% to increase yield per unit area cropped with yam in Nigeria through research and use of improved materials and application of improved production technologies. Yields as high as 25-35 t/ha have been obtained in well managed research farms (HAHN, 1984). Despite high cost of labour in yam production averaging 300-400 man-days per hectare in up land and low land areas respectively (at costs of N30000 - N40000.00 ie (\$375-\$500.US) and other production costs such as stakes, herbicides for weed control and post harvest handling, yam production still remains highly profitable in Nigeria. Yam is in high demand and is consumed all the year round.

It has a high market potential in Nigeria. Of the 19.6 million metric tonnes (FAO, 1988) produced annually by Nigeria almost all is consumed internally. Very little is exported and is not recorded in trade journals. In recent studies in one of the major yam states in Southern Nigeria; Enugu State, yam showed a cost/benefit ratio of 2:1 (ORKWOR, 1992).

## Production constraints

Yam production is faced with a number of production constraints due to the peculiarities of the crop. Paramount among these constraints are procurement of the required large quantities of planting materials (seed yams); high labour requirement 300-400 man-days-per hectare (LYONGA, 1980; ORKWOR, 1992) for various production operations such as land preparation, weeding, staking, training the vines; fertilizer application, harvesting, post harvest handling, barn preparation, storage and control of pests and diseases in the field and in storage. For production of ware yams as many as 10,000 normal size (150-250 g) seed yams are required to plant up one hectare. At an average cost of N15.00 per seed yam as much as N150,000.00 (\$1875.00) will be required for planting materials only. For seed yam production as many as 60,000.00

minisetts of 25-30 g will be required to plant up one hectare. It is estimated that planting material constitutes about 35-40% of the total production cost. Yam is also susceptible to a number of pests and diseases both in the field and in storage, for example weeds, potty virus fungi, nematodes and yam beetles.

Yam requires fertile soil high in Cation-Exchange Capacity (CEC) friable and well drained in the tropical zone with evenly distributed rain fall of 1000 mm per annum over a period of six months usually April to August. Yam is a long growing season crop (6-10 months) with a low multiplication ratio. Yam does not respond easily to normal hybridization procedures because of its dioecious nature. Consequently the male and female flowers are located generally in different plants. Male flowers come earlier than the females. This non synchronisation of male and female flowering coupled with poor seed set and viability of seeds when formed militate against genetic development of yam and production of hybrid yams from full sib materials using normal hybridization methods.

## Available technologies to ameliorate the constraints

Scientists in the National Agricultural Research Systems especially NRCRI and those in IARS especially IITA and recently CIRAD have set up bilateral research collaboration on yam and have developed some technologies for profitable yam production in Nigeria.

The NRCRI (OKOLI *et al.*, 1982) developed the yam miniset technique for massive seed yam production. IITA contribution to the improvement of this technology was in the area of pre-sprouting the setts and transplanting the seedlings and use of polythene sheets for mulching the seed yam fields. The NRCRI also developed as part of the component technology, the yam miniset dust for protecting the cut setts from soil born pathogens. This technology has significantly reduced the cost of seed yam production and increased the multiplication ratio from 1:5 to 1:40.

The use of biotechnology for clean seed yam production is possible now. Protocols have been developed in IITA and other advanced laboratories as Wye college London, CIRAD and ORSTOM for clean seed yam production through the use of vine cuttings, petioles meristems and nodes. Somatic embryo culture in tissue culture laboratories are now used in genetic development of yam.

Improved agronomic practices such as timely planting (March-May in Southern Nigeria), and November-December in the river-rine areas with high

water table, use of ridges which take in optimum plant population densities 10 000/ha for ware yams and 60 000 setts/ha for seed yams, application of appropriate rates of organic fertilizer, timely weed control through the critical periods of weed interference in yam; 4-16 weeks after planting (WAP) and use of healthy seed yams have led to yield increases in yam from 7-10 t/ha in the fifties to 15-20 t/ha presently realized in the farmers fields (ORKWOR, 1992) in well maintained farms.

## Further research needs

Nigeria has the largest biodiversity in yam on global basis. There is need to collect and characterize these germplasm accessions for preservation and use in the genetic development of the crop before we loose these materials to genetic erosion through environmental hazards. If funds were available, there is need to carry out this work on the yam belt regional basis.

There is need to undertake national and regional characterisation of yam soils in west Africa yam belt. Such a study on national level is now on going at the NRCRI in Nigeria.

Yam valorisation project between CIRAD one hand the NRCRI Umudike Nigeria, the republics of Togo and Benin on the other hand is on now and when completed will lead to the clear understanding of yam chips production and processing into flour which stores longer than yam tubers for preparation of a popular yam *fufu* called *amala* in these west african countries. The project will seek to improve on the processing technology of yam chips and flour.

There is need for collaborative research on yam in Africa to address the issues of breeding, elimination of staking, post harvest handling and storage, marketing and exportation of yam fresh tubers and processed forms.

With increasing population pressure and demand on land; the major resource base for production, forests have been continuously cut down and long fallow periods (5-7 years) which farmers in low input technology system used to sustain production in the past are no longer available, there is need for intensified production system so that yield increases can now be achieved by increase in productivity per unit area cropped instead of by expanding areas of production (ORKWOR and ASIEDU, 1995; NWEKE *et al.*, 1992). Such sustainable productivity of yam-based cropping system requires an immediate attention that necessitates co-ordinated and effective multidisciplinary research on regional basis in West Africa yam belt.

## References

- ALEXANDER J., COURSEY D.G., 1969. The origin of yam cultivation. In The domestication and exploitation of plants and animals. P.J. UCKO and G.W. DIMBLEBY Eds. Duckworths, London, UK, p. 405-425.
- APMEU, 1996. Crop area and yield survey. Federal Department of Agriculture, Kaduna, Nigeria.
- COURSEY D.G., 1965. The role of yam in the West Africa Food Economics. World Crop. 7 (2) : 74-82.
- COURSEY D.G., 1967. Yams. London, Longmans Green, XIV, 230 p.
- COURSEY D.G., COURSEY C. K., 1971. The New yam festivals of West Africa. Anthropos 66 : 444-484.
- COURSEY D.G., 1972. The civilization of yams: Interrelationships of man and yams in Africa and Indo-Pacific Region. Archelo Phys Anthropology, Oceania 7 (3) : 215-233.
- FAO, 1988. Production year. Fao, Rome, Italie, vol. 42.
- HAHN S.K., 1984. Tropical Root Crops: Their Improvement and Utilization. IITA Conference paper 2. Ibadan Nigeria, 28 p.
- HAHN S.K., OSIRU D.S., AKORODA M.O., OTOO J.A., 1987. Yam production and its future prospects. Outlook on Agriculture 16 (3) : 105-110.
- LYONGA S.N., 1980. The economics of yam (*Dioscorea* spp.) cultivation in the Cameroons. Proc. First Triennial Conference of the International Root Crops Society African Branch. Ibadan, Nigeria, p. 208-213.
- NWEKE F.I., UGWU B.O., ASADU C.L.A., AY P., 1991. Production costs in yam-based cropping systems of South eastern Nigeria. In Rcnp Research Monograph n°6, IITA, Ibadan, Nigeria, 29 p.
- OKIGBO B.N., GREENLAND D.J., 1976. Intercropping Systems in tropical Africa. In R.I. Papendick, P.A. SAMCHEZ, G.B. IRIPIET Eds. Madison, Wisconsin, Multiple Cropping. ASA special publication 27, p. 63-101.
- OKOLI O.O., IGBOKWE M.C., ENE L.S.O., NWO-KOYE J.U., 1982. Rapid multiplication of yam miniset technique. Research Bulletin n° 2. National Root Crops Research Institute. Umudike, Umuahia, Nigeria, 12 p.
- OLAYIDE S.O., 1972. Agricultural Productivity and increased food production under economic development in Nigeria. Proc. Annual conf. Nigeria Economic Society. University of Ibadan, Nigeria.
- ONWUEME I.C., 1978. The Tropical Tuber Crops. Yam, Cassava, Sweet potato and Cocoyams. John Wiley and Sons, New York, USA, 234 p.
- ORKWOR G.C., OKEREKE P.U., EZEDINMA F.O.C., HAHN S.K., EZUMAH H.C., AKOBUNDU I.O., 1991. The response of yam (*Dioscorea rotundata* Poir) to various periods of weed interference in an intercropping with maize (*Zea mays* L) okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), and sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam). Tropical Root Crops in a developing country. In Proceedings, Istrc-AB. F. OTORI and S.K. HAHN, 20-26 october 1991 Accra, Ghana, p. 349-354.
- ORKWOR G.C., OKEREKE P.U., EZEDINMA F.O.C., EZUMAH H.C., 1992. Critical period of weed interference in maize intercropping with yam (*Dioscorea rotundata* Poir) Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) and Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam). Nigeria journal of Agric. 26 (2) : 61-70.
- ORKWOR G.C., ASIEDU R., 1995. Yam research priorities, Tropical Root and Tuber Crops Bulletin 8 (2) : 11-13.
- UZOZIE L.C., 1971. Patterns of Crop Combination in the three eastern states of Nigeria. J. of Tropical Geography 33 : 62-72.



# Seed yam production technology.

## The yam minisett technique

G. C. ORKWOR

NRCRI, National Root Crops Research Institute, Umudike, PMB 7006, Umuahia, Abia State, Nigeria

**Abstract** — Seed yams are not actual seeds developed from pollinated flowers but planting setts or small sizes of whole tubers used as planting materials for food yam production. Seed yams are expensive, in high demand, and are usually in short supply during planting season for yams. High cost and shortage of seed yams have been identified as major constraints that limit sizes of farms in yam production. The traditional methods of seed yam production have been found inadequate to cope with the large quantities of seed yam tubers required to plant up large yam farms. Yam minisett technique has been developed for massive seed yam production at the National Root Crop Research Institute (NRCRI) Umudike in close collaboration with the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), all in Nigeria. This paper reviews the traditional methods of seed yam production and describes the yam minisett techniques, its contributions in seed yam production and current research going on to further refine the technique to suit the farmers' needs for sustainable food yam production.

**Résumé** — **Production de semences d'igname : la technique des minisetts.** Les semences d'ignames ne sont pas des semences réelles, issues de fleurs pollinisées mais de petits tubercules, ou des morceaux de tubercules utilisés pour la plantation. Les semences d'igname ont un coût élevé, leur demande est forte et l'offre est généralement insuffisante en période de plantation. Le prix et le manque de semences constituent donc des contraintes majeures à une production importante d'ignames. Par ailleurs, les méthodes traditionnelles de production de semences sont inadaptées à une production semencière en grande quantité. De façon à répondre à la demande de semences une technique de production de minisetts d'igname a été développée au NRCRI, Umudike, en étroite collaboration avec l'IITA, tous deux basés au Nigeria. Cet article passe en revue les méthodes de production traditionnelles de semences d'igname et présente la technique de production des minisetts, son apport à une production de semences d'ignames ainsi que les recherches en cours pour améliorer les techniques et satisfaire les besoins des agriculteurs pour une production durable d'igname.

The term «seed yam» refers to the planting material; whole tuber or a sett from tubers used for the production of ware yams or seed yams depending on the size of planted material. Although a number of food yam species and cultivars can be propagated from true seeds, especially for breeding work but by far, the actual multiplication and propagation of agronomically-superior yam tubers are by use of clonal propagation methods, using whole tubers or setts of various sizes depending on the purpose of production. Practically all tuber sizes of food yam could be consumed as food but bigger tubers of yam usually referred to as ware yams are generally preferred by consumers especially in the yam zones of West Africa. Smaller tubers of yams are usually set aside as planting materials by the farmers. Unlike other root and tuber crops where non edible parts of the plant are used as planting materials, the economically-important parts of the yam (the fresh tubers which are also edible) are used as planting materials. This poses a problem to yam farmers who have to set aside adequate quantity of seed yam tubers for planting, the next cropping season.

The requirement of large quantities of seed yam (planting materials) has been identified as one of the major constraints in yam production. There are traditional methods of seed yam production prior to the development of the modern technological approach using yam minisett technique. This paper reviews various methods of seed yam production using clonal materials with special emphasis on the yam minisett technique for massive seed yam production and the latest research developments for refining the yam minisett techniques.

## Traditional methods of seed yam production

In the traditional cropping systems for yam, the farmer sets aside as much as 30% of the annual harvest of yam mainly small-sized tubers of 200-1 000 g as seed yams for the next planting which starts November-January in the northern guinea savannah and the fadama areas and later, March to May when the first rains come in the south and forest zones. It has been estimated that planting materials constitute over 33% of the cost out-lay in yam production. Lack of seed yams and farmers' inability to purchase scarce and costly seed yams during planting has consistently limited the size of yam farms under traditional cropping methods (ORKWOR and ASIEDU, 1995).

In ware yam production where mulching is practised (August-September) the final harvest in December usually consists of ruggedly-formed small tubers and stumps used as seed yams.

Another method involves cutting of selected mother tubers (200-500 g) into setts of 80-100 g. Cutting can be horizontal or longitudinal as required (figure 1). In the eastern parts of Nigeria, planting of these sets for seed production is usually referred to as *Ibikaji* or *Awaji* production.

Yam generally has a low multiplication ratio of 1-5 and this affects seed yam production using the traditional method. It became obvious that other modern agricultural methods have to be employed to solve the problem of massive seed yam production methods for sustainable and profitable yam production.

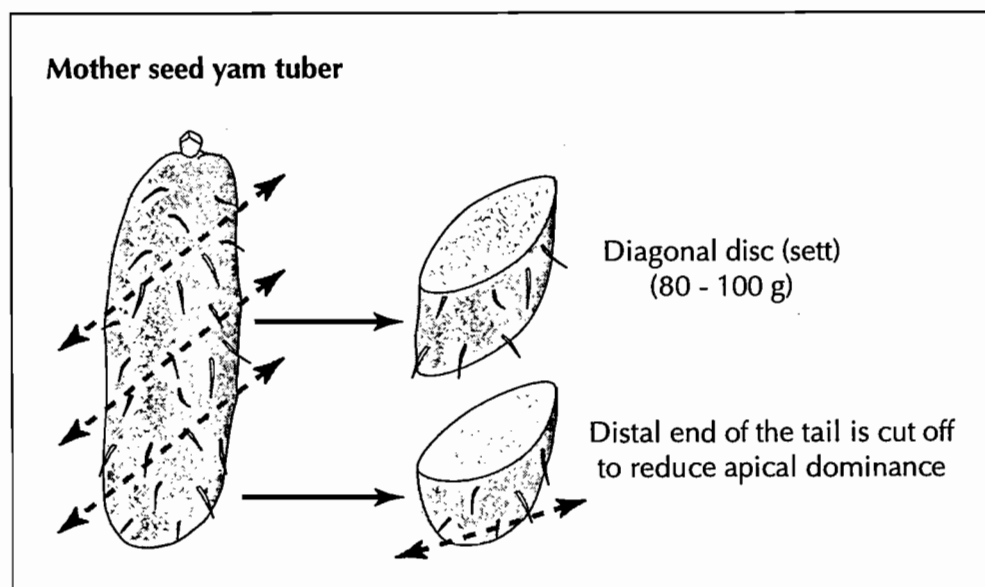
## Land preparation, planting

Seed yam is usually planted in a short fallowed land that has carried *Acioa bateri* and other deep-rooted legume plants for 3 to 4 years. The land is cleared and the residue is burnt in situ December-March about 2-3 months before planting May-June. Stumps of *Acioa bateri* regenerate stakes for the yams to climb. Seed yams are planted after the main ware yam crop has been planted. For seed yams, small mounds of about 0.5 x 1.0m area are made and the setts sown on the crests.

## Improved methods of seed yam production

The National Root Crops Research Institute (NRCRI) Umudike which has the Nigerian national mandate to work on the development, production and farm gate processing/utilization of root and tuber crops went into serious seed yam production research in the early seventies to solve this national problem. One of the earliest attempts which was partial sectioning of tubers to produce more seed yams, was made by NWOSU (1975) at the Institute.

The method involves selection of healthy mother seed yam of *Dioscorea rotundata* of 300-400 g. The head region including the corm is cut off to remove apical dominance. The tuber is sectioned intact into partially cut setts using incisions that are 1cm deep to mark out sett areas of 3cm x 3cm on the tuber. In marking out each incisioned sett, the sectioning is first done longitudinally and then horizontally (figure 2).



**Figure 1.** Pattern of cutting setts in traditional method of seed yam production.

The sectioned tuber is buried whole in a fertile soil with compost mixture or in saw dust. Within a couple of weeks, the incision parts will sprout with vigorous roots arising from the base of the sprouting points. The sprouted sections are cut out from the tuber body and planted in the field. The unsprouted sections are re-buried until they sprout.

This technique appeared tedious but it doubled the multiplication ratio to 1:10 as opposed to that of traditional method of 1:5. This method however could be used to produce seed yams ranging from 85-650 g. It required considerable manpower for repeated careful examination, digging out the mothertuber from the soil and cutting out sprouted sections (figure 2) for planting in the field. The tuber sprouts are delicate and had to be handled with care. It was therefore best suited for research stations and not for farmers with limited time, facilities and manpower. The yam miniset technique was therefore advocated.

## The miniset technique

Barely ten years after the introduction of the partial sectioning technique for seed yam production scientists at the NRCRI successfully developed (OKOLI *et al.*, 1982), the yam miniset technology for rapid high volume seed yam production, at reduced costs. As a component of this technology the Institute also developed a package of yam miniset dust — a mixture of fungicide, nematicide and insecticides for treating the cut setts against soil borne pathogens before planting —. Each cut set planted weighs about 25 g. Using these setts the multiplication ratio in seed yam production was increased up to 1:40. Miniset technology has been found to be economically viable (EZEH, 1991) and has been widely transferred to farmers for adoption. This technology has also spread across the yam belt of West Africa, East and Central Africa where yams are grown. Reports reaching us show that the technique is being used in laboratories in Britain and the West Indies (MANTEL, 1995; SIMONS 1992, DEGRAS, 1993; Personal communications). The technology was improved by the introduction of use of presprouting and plastic mulch by IITA (OTOO *et al.*, 1987; IITA, 1992, 1995). The setts produce seed yams of 100-250 g up to 65% efficiency and minitubers of about 35% each weighing 30-90 g.

## Preparation of minisetts

Healthy mother seed yams weighing 400-1,000 g are selected. The tubers must have shown evidence of sprouting, thus confirming that the period of dormancy is over. This range of tubers is preferred to

### Mother seed yam tuber

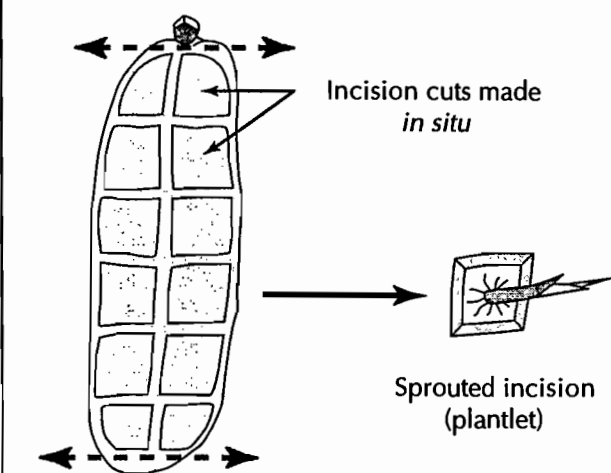


Figure 2. Partial sectioning of mother seed yam tuber to generate sprouted incisions (plantlets). Earliest studies on improved seed yam production (NWOSU, 1975).

larger mother tubers as setts cut from larger tubers take longer time to sprout (OTOO *et al.*, 1987). It is important to note here that not all cultivars of *Dioscorea rotundata* respond satisfactorily to the miniset technique for seed yam production.

Setts of 25 g are cut as per diagram (figure 3) making sure that 1/3 of the surface area bears the skin buds of the tuber from where sprouting occurs. Setts are soaked in miniset dust solution for 1-2 minutes and spread out on a platform a day before planting. Each sachet of the dust is capable of treating about 300 cut setts.

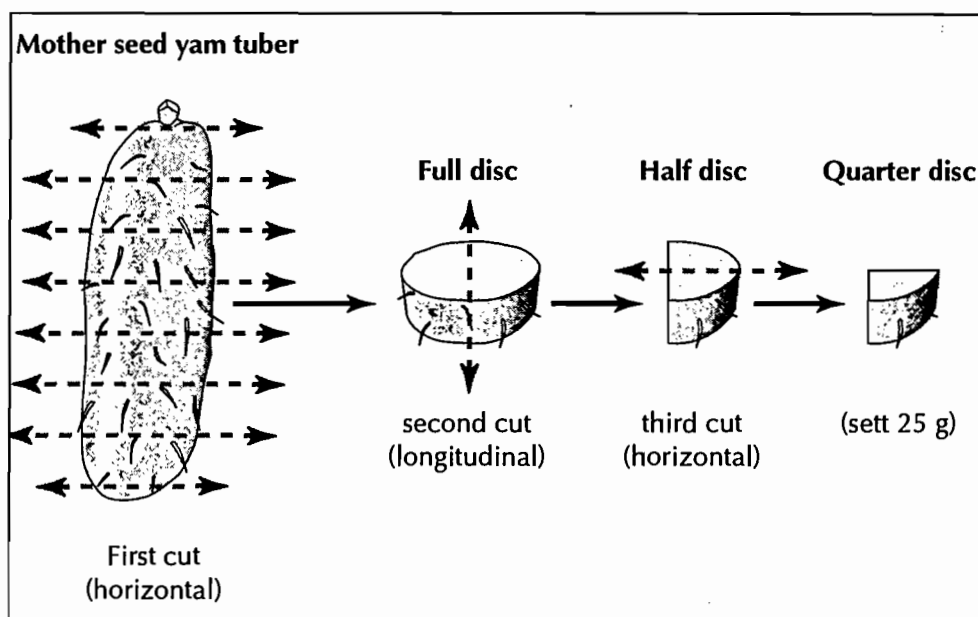
## Land preparation for minisetts

Good land preparation is essential for crop establishment and survival of the setts. The land is usually prepared from April through May and up to June when rainfall is stabilized in the rain forest and southern guinea savannah zones. Land is ploughed, harrowed and made into ridges one metre apart. Ridges are preferred to small mounds as ridges take the recommended plant population density better than the mounds.

## Planting the setts, plant population

Initially the recommended plant population density for miniset was 40 000/ha using the 25 g setts planted as follows:

- a single row on the ridge at 25 cm intra-row spacing 40 000/ha;



**Figure 3.** The pattern of cutting sett sizes for yam miniset technique (note that the corn and the tail are cut off to reduce the effect of apical dominance).

- a double row on both sides of the ridge at 50 cm intra-row spacing 40 000/ha;
- a double row at 25 cm intra-row spacing to get 80 000/ha.

The results showed that the 40 000 plants/hectare planted at double row at 50cm intra spacing produced bigger and better uniform tubers of 100-250 g seed yams than the other populations used. At 80 000/ha more minitubers are produced than normal seed yams. Recent research findings at the NRCRI (ORKWOR *et al.*, 1995) have shown that the optimum plant population density for normal seed yam production is at 60 000/ha planted double row at 33 cm intra-row spacing. Plant population above 60 000/ha tends to produce more minituber than normal seed yams. The limitations to the use of pre-sprouting technique (and transplanting the sprouted setts) and the use of plastic mulch introduced into the technique were cost of plastic mulch and handling as well as transportation of the spouted fragile setts to farms. Farmers now plant the dusted setts directly into the yam field.

The setts are sown with the uncut skin surface downwards at a depth of 15 cm and closed properly by compacting the soil above the sown sett.

## Crop husbandry

Field management starts with good land preparation which is the primary method of weed control. Setts start sprouting 10-14 days after planting up to the 8th week after planting. Uncontrolled weeds especially within the critical period of weed interference for the

seed yams could depress crop growth and reduce yield significantly (UNAMMA and MALIFONWU, 1986; ORKWOR 1990, ORKWOR *et al.*, 1991). Effective weed control in seed yams is achieved by spraying a mixture of paraquat + Primextra pre-emergence on the crop seven days after planting. This will take care of sprouted weeds and those about to sprout for 8-10 weeks after planting. One supplementary hoe-weeding will carry the crop through the critical period of weed interference 4-16 weeks after planting (WAP). Eight weeks after planting, compound fertilizer of NPK 15:15:15 or 20:13:13 is applied at the recommended rate of 400 kg of product per hectare for the forest zone. Depending on the native soil fertility, higher rates could be applied. The same rate has been used to achieve good yields in the guinea savannah ecological zone in the country.

The period of growth of seed yams planted using miniset technique is 6-7 months i.e yams planted in May-June are harvested December-January. (ORKWOR and EKANAYAKE, 1996). Using Miniset technology, tuber yields ranging from 7-10 t/ha have been obtained. This is about double the yields obtained by farmers in traditional seed yam production using larger planting setts, poor crop husbandry and low input technology.

## Latest research developments

Since the transfer of the miniset technology to farmers in the early eighties through the extension agents in the state ministries of agriculture and later



through the World Bank-sponsored Agricultural Development Projects (ADP), our research institute has got a number of feed-backs from farmers on the efficacy and areas to be improved on the technology to increase rate of adoption.

Farmers' queries on the minisett technology centre around the following:

- sett sizes and optimum plant population density;
- need for component intercrops with yam minisett
- availability and high cost of inputs such as minisett dust, fertilizer, herbicides, plastic mulch, pre-sprouting of setts and costs of transportation and handling of sprouted setts to farms and large quantities of setts required and cost of staking materials.

The above queries from farmers on the new technology constitute the objectives of recent research efforts at the NRCRI and collaborating institutions with a view to providing the answers by modifying the technique.

The observation by farmers that the 25 g setts used do not yield up to 60% of acceptable sizes of (100-1 000 g) seed yam under the farmers' conditions, in a cropping season has some agronomic merit, but we also notice that most of the time, farmers have not used the entire package of the technology for production. Like in other tuber crops, increasing the weight of seed yam tubers or setts reduces the time to sprouting and increases both vegetative growth and eventual yield and size of tuber (MIEGE, 1957; BAKER, 1964). Four sett sizes 25 g-40 g are being studied in the institute and results so far show that 30-35 g setts yield bigger tubers than the recommended 25 g. As soon as the work is completed including economics of the population, the optimum sett size for production of more normal seed yam tubers using the technique will be recommended. This confirms the results of earlier work in the Institute (NRCRI, 1976) that bigger setts yield bigger tubers.

On the source of planting setts from the mother tuber; the setts from the head region sprout first, followed by those from the tail and then the middle. The tail region gives a more uniform sprouting four weeks after planting, thus favouring the use of the recommended herbicides applied 1-2 weeks after planting; pre-emergence to yam and post emergence to weeds (ORKWOR *et al.*, 1995).

Global inflation, resulting in high cost of agrochemicals especially imported ones and the dwindling purchasing power of subsistence, farmers who produce the bulk of food yams in Nigeria have contributed largely to their inability to purchase component inputs in the yam minisett technology. Satisfactory results can only be obtained if the whole package of the technology is put into production, not part of it only.

Work is going on at the NRCRI to reduce the cost of minisett dust by using local raw materials in the for-

mulation. Some herbs and plant extracts have been screened out to replace the imported raw materials used in the past to compound the dust. (EMEHUTE *et al.*, 1995). These local raw materials have been found to be as effective as the imported raw materials being used now in compounding minisett dust.

The institute has also embarked on further refinement of minisett technique by developing techniques for massive production of minitubers of yam, by using lower sett sizes of 10-15 g. The mini tubers produced from such setts weigh 25-50 g. These tubers could be packaged as potato tuber seeds (PTS) transported long distances or overseas and sold to seed yam producers in Nigeria and beyond. This will create job for a new set of farmers; minituber producers. There would be no need to use minisett dusts on minitubers as these are planted whole for seed yam production by farmers. This also cuts down on cost of production. Whole tubers are known to be more vigorous in growth and establishment in the field (ORKWOR and EKANAYAKE, 1996).

## Summary

Unavailability and high cost of seed yams have been identified as major constraints in food yam production.

Traditional methods of seed yam production under low input technology are found inadequate for supply of large quantities of seed yams required by farmers annually.

The minisett technique was developed at the NRCRI Umudike and improved by IITA Ibadan (through the close collaboration on yam research by these Institutes. The technology was transferred to farmers through extension agents. The technique was found to be economically viable for commercial seed yam production.

Feedback from the farmers reaching the NRCRI through the extension agents at the monthly training review meetings (MTRM) show that the rate of adoption of the technique could be increased dramatically if some aspects of the technique were refined. The queried areas include high cost of fertilizer, minisett dust, other agrochemicals, range of tuber sizes produced from 25 g setts planted, the use of pre-sprouting and plastic mulch and compatible intercrops.

These research areas have been tackled at the NRCRI and IARC working on yam and a good part of answers to the farmers' requests are now available while work continues in other areas for the refinement of the minisett technique to improve on the rate of adoption of the technology by farmers for sustainable food yam production.

## References

- BAKER E.F.I., 1964. Plant population and crop yield nature (London), 204 : 856-857.
- DEGRAS, L. 1993. Cropping techniques *In* The yam, a Tropical Root Crop. The Macmillan Press, London, UK, p. 107-129.
- EMEHUTEJ.K.U., G.C. ORKWOR G.C, ANIOKE S.C., 1995. Sourcing for local raw materials as substitutes for yam miniset dust. NRCRI, annual Report, Umudike, Umuahia, Nigeria.
- EZEH N.O.A., 1991. Economics of seed yam production from minisett in Umudike, southeastern Nigeria: Implications for commercial growers. *In* proceedings 9<sup>th</sup> symposium of international society of Tropical Root Crops, 20-26 October 1991, F. OFORI and S.K. HAHN Eds. Accra, Ghana, p. 378-381.
- IITA, 1992. Annual Report for 1994. Ibadan, Nigeria.
- IITA, 1992. Annual report 1992. IITA, Ibadan, Nigeria.
- IITA, 1995. Annual report 1995. IITA, Ibadan, Nigeria.
- MANTELL S.H., 1995. (Personal communications) Wye College University of London, UK.
- MIEGE J., 1957. Influence de quelques caractères des tubercules semences sur la levée et le rendement des ignames cultivées. *Journal of Tropical Agriculture and applied Botany* 4 : 315-342.
- NRCRI, 1976. Annual Report, Umudike, Nigeria.
- NWOSU N.R., 1975. Recent developments in vegetative propagation of edible yam (*Dioscorea* species). *Proceedings, Agricultural Society of Nigeria* 12 : 15.
- OKOLI O.O., IGBOKWE M.C., ENE L.S.O., NWO-KOYE J.U., 1982. Rapid Multiplication of yam by the miniset technique. *Research Bulletin* 2. NRCRI, Umudike, Nigeria, 12 p.
- ORKWOR G.C., 1990. Studies on the critical period of weed interference in yam (*Dioscorea rotundata* Poir) intercropped with maize (*Zea mays* L), Okra (*Abelmoschus esculentus* L Moench), sweet potato (*Ipomoea batatas*) and the biology of associated weeds. Ph.D thesis University of Nigeria, Nsukka, Nigeria, 262 p.
- ORKWOR G.C., OKEREKE O.U., EZEDINMA F.O.C., HAHN S.K., EZUMAH H.C., AKOBUNDU I.O., 1991. The response of yam (*Dioscorea rotundata* Poir) to various periods of weed interference in an intercropping with maize (*Zea mays* L.), Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) and sweet potato (*Ipomoea batatas* L.Lam) *In* Proceedings Ninth symposium of International Society of Tropical Root Crops, 20-26 October, 1991, F. OFORI and S.K. HAHN, Eds. Accra, Ghana, p. 349-354.
- ORKWOR G.C., OKOLI O.O., EMEHUTE J.K.U., EZEH N.O.A., 1995. Optimum plant population density, depth of planting and best tuber portion of mother seed yam as setts in seed yam production using miniset technique. NRCRI 1995 Annual Report. Umudike, Umuahia, Nigeria.
- ORKWOR G.C., EKANAYAKE I.J., 1996. Growth and development. *In* Food yams: Advances in research. ORKWOR G.C., ASIEDU R.A., EKANAYAKE I.J., eds. IITA Ibadan, Nigeria, p. 37-62.
- ORKWOR G.C., ASIEDU R., 1995. Yam research priorities. *Tropical Root and Tuber Crops Bulletin* 8 (2) : 61-70.
- OTOO et al., 1987. Improved technology for seed yam production. IITA, Ibadan, Nigeria, 187 p.
- SIMONS S., 1992. Personal communications on yam production in the West Indies, Trinidad and Tobago.
- UNAMMA, MALIFONWU, 1986. Herbicides for seed yam production from minisett in the rainforest zone of Nigeria. *Weed Research* 26 : 115-120.

# L'intensification des techniques de culture de l'igname. Acquis et contraintes

P. VERNIER

Cirad-Iita, BP 08-0932, Cotonou, Bénin

**Résumé** — Actuellement l'intensification de la production d'igname par l'utilisation d'intrant ou la mécanisation est limitée à des zones restreintes orientées vers l'exportation (Caraïbes, Brésil) ou à salaires élevés (Dom-Tom, pays développés). Dans ces pays, qui représentent moins de 5 % de la production mondiale, l'igname est cultivée dans des systèmes de production intensifs, plus ou moins mécanisés et utilisant des quantités d'intrants plus ou moins élevées. Cette communication est une revue des techniques de cultures intensives de l'igname et de leurs contraintes d'utilisation, depuis la préparation du sol jusqu'au conditionnement de la récolte en passant par la plantation et l'entretien de la culture. Les différentes possibilités de mécanisation et d'utilisation d'intrants sont détaillées à l'exception des techniques de protection contre les maladies évoquées par ailleurs. En Afrique, sur les bases de conditions économiques réelles, l'introduction d'une certaine intensification pourrait être une réponse à l'évolution de la production d'igname vers la sédentarisation et l'approvisionnement des marchés urbains.

**Abstract** — **Intensive cropping techniques in yam. Achievements and constraints.** Currently, intensified yam production, involving mechanisation or the use of inputs, is restricted to those areas which produce for export (the Caribbean, Brazil) or have a high-wage economy (French, overseas territories, developed countries). In these countries, which account for only 5% of world production, yam is grown in intensive production systems, which use mechanised techniques and inputs to a greater or lesser extent. This paper reviews the intensive cropping techniques applicable to yam production and the constraints on their use, ranging from land preparation, through planting and maintenance of the crop, to packaging of the harvested product. The possible forms of mechanisation and the use of inputs are described in detail, with the exception of disease control methods mentioned elsewhere. Given the existing economic conditions in Africa, a certain level of intensification could represent an appropriate response to the increasing sedentarisation of yam cultivation and its production for the urban market.

La culture de l'igname est généralement considérée comme une production traditionnelle ne pouvant faire l'objet d'une culture moderne, encore moins mécanisée. Cette situation correspond effectivement à la grande majorité de la production mondiale d'igname dont plus de 95 % se situe en Afrique tropicale. Sur ce continent, il est connu que l'intensification des productions agricoles, comprise comme utilisation d'intrants extérieurs à l'agriculture (engrais, pesticide, mécanisation...) pour augmenter les rendements et la productivité du travail, reste faible. Dans un contexte de post-révolution verte, caractérisé par l'augmentation de l'incertitude économique, au sud du Sahara, il y a même souvent une régression de l'intensification liée à la dégradation des termes de l'échange des produits tropicaux et à la disparition des politiques volontaristes de modernisation de l'agriculture qui avaient vu le jour durant les premières décennies suivant l'indépendance (PICHOT, 1996). Ce phénomène est plus accentué pour les productions vivrières où l'incertitude des conditions de vente pour le producteur rend l'utilisation d'intrants plus risquée. Il est encore plus marqué pour les tubercules dont le caractère souterrain complique la mécanisation et dont les pertes après récolte augmentent le risque économique. Enfin, pour l'igname, la connotation culturelle et ancestrale des pratiques de culture est un facteur pouvant encore limiter l'introduction d'innovations techniques dans les pays appartenant à la civilisation de l'igname (Afrique, Mélanésie) (COURSEY, 1981).

Les techniques d'intensification, c'est-à-dire d'augmentation de la productivité du travail humain par l'augmentation des facteurs de production utilisés (intrants, capital), sont cependant disponibles dans

bien des domaines pour cette culture. Leur utilisation effective reste actuellement marginale et correspond souvent à des situations socio-économiques particulières combinant cherté relative de la main-d'œuvre et marché protégé (Dom-Tom, Japon...) ou marché d'exportation (Brésil, Caraïbes) qui rendent leur emploi intéressant pour le producteur.

Le présent article se propose de passer en revue les techniques intensives qui sont techniquement utilisables pour la production d'igname et qui, lorsque les conditions économiques et sociales le justifient, peuvent être proposées aux agriculteurs. Elles concernent autant les espèces *Dioscorea alata* que *D. Cayenensis-rotundata* en l'absence d'autre précision. Si le rendement moyen mondial est d'environ 10 t/ha de tubercules, une culture intensive permet d'obtenir couramment entre 30 et 40 t/ha.

Pour fixer les enjeux de l'amélioration de la productivité du travail, possible par l'intensification des techniques de production, on donnera (tableau I) quelques temps de travaux enregistrés en cultures manuelles et mécanisées de l'igname.

## **Mise en place de la culture**

La culture intensive de l'igname n'est pas suffisamment importante pour avoir justifié une mise au point d'outils mécaniques spécialement conçus pour cette spéculation. Les machines utilisées sont souvent des « bricolages » plus ou moins poussés à partir d'équipements prévus pour d'autres spéculations.

### **La préparation du sol**

C'est une opération qui, en culture manuelle, consomme beaucoup de main-d'œuvre d'autant plus que la confection des buttes est généralement précédée d'un défrichement sur brûlis. Il faut compter 20 à 30 j/ha pour le défrichement et près du double pour le buttage manuel avec 5 à 6 000 buttes à l'hectare. Dans les systèmes sédentarisés 3 à 5 jours de travail sont nécessaires pour un simple labour en culture attelée, qui sera suivi d'un buttage manuel (nord du Bénin, enquêtes personnelles).

La mécanisation de la culture suppose, au préalable, son intégration dans les systèmes de culture sédentarisés. Pour cette culture, cela signifie une rupture avec la pratique de la défriche-brûlis et le passage de la culture sur butte ou en fosse à celle sur billon rectiligne.

La mécanisation plus ou moins complète de la préparation du sol est possible en culture motorisée. Elle est essentiellement pratiquée aux Antilles, au Brésil et en Nouvelle-Calédonie.

La préparation du sol précédant le billonnage est relativement classique et la succession des différents outils dépend bien évidemment de l'état de la parcelle, de la nature et de l'état du sol au moment de sa reprise.

Un itinéraire standard comprend :

- un passage de gyrobroyeur si les résidus végétaux le justifient ;
- un sous-solage pour permettre un bon drainage ;
- un labour ;
- une reprise du labour pour affiner l'horizon de surface (pulvérisateur à disques, herse rotative) ; cette opération est généralement précédée de l'apport de la fumure de fond.

Le but de ces opérations est d'arriver à une structure assez meuble, homogène et sans « semelle » qui permettra de confectionner des billons, de 40 à 50 cm de haut pour 1 m à la base, offrant un milieu sans obstacle au développement des tubercules. Ces conditions sont nécessaires pour obtenir des tubercules réguliers et droits, d'autant plus sensibles aux déformations qu'ils seront longs.

En culture mécanisée, le billonnage doit remplacer les buttes réalisées à la main. L'outil le plus classique est la billonneuse à étauçons rigides à deux disques orientés face à face et qui doivent être de diamètre important (50 à 70 cm). La puissance de traction doit être d'au moins 60 Cv. Un réglage adapté de l'outil et de la vitesse du tracteur conditionne un résultat optimal (VANDEVENNE, 1979). L'écartement entre billons varie entre 1,2 et 1,4 m et permet une densité de plantation de 10 à 20 000 plants à l'hectare.

Aux Antilles, certains agriculteurs réalisent des billons larges de 1,8 m qu'ils plantent de deux rangs jumelés sur une crête aplatie de 1 m de large (DEGRAS, 1994). D'autres outils comme les sillonneuses ou même les charrues en double passage peuvent s'utiliser en fonction des disponibilités mais laissent souvent des interbillons plus importants qui compliquent l'entretien de la culture. L'ensemble de ces opérations demande de 20 à 30 h dont 2 à 4 h pour le billonnage (CHAMBRE D'AGRICULTURE, 1987).

### **La plantation**

La plantation manuelle est une opération qui, prise isolément, demande environ 10 j de travail/ha. Dans la pratique, un travailleur arrive à planter environ 200 à 250 buttes par jour au nord du Bénin (observations personnelles) compte tenu du temps de transport et de préparation des plants, ce qui correspond à 25 à 30 j de travail/ha.

La mécanisation de cette opération est possible bien qu'elle soit assez peu mise en œuvre dans la pratique. La réduction des temps de travaux globaux

semble ne pas compenser la contrainte que représente la nécessité de produire une semence mieux calibrée.

Les planteuses utilisées dérivent souvent de matériel conçu pour la pomme de terre et adaptées à la plantation sur billon. Plusieurs prototypes plus ou moins élaborés ont été mis au point par les centres de recherche tant en Afrique que dans les Caraïbes. Ils nécessitent, en général, en plus du conducteur, un à deux ouvriers pour alimenter les godets ou laisser simplement tomber les semenceaux dans le sillon ouvert au sommet du billon par le soc incorporé à la machine. La planteuse semi-mécanique à un rang, mise au point en Côte d'Ivoire par l'Irat, avait un rendement horaire de 0,20 ha (VANDEVENNE et TOURTZEVITCH, 1979).

## Conduite et protection de la culture

### Le tuteurage

L'igname est une liane volubile qui cherche à s'enrouler sur les supports qu'elle rencontre. En culture sur défriche-brûlis, les arbres morts présents sur les parcelles offrent suffisamment de tuteurs naturels pour que la plupart des plantes arrivent à s'enrouler,

avec parfois l'aide d'une petite rampe placée par l'agriculteur. Cela permet aux plantes de développer au maximum leur appareil foliaire assurant une capacité de photosynthèse importante. L'intérêt du tuteurage décroît avec l'augmentation de la radiation solaire. Des expérimentations menées au Nigeria n'ont pas montré d'augmentation significative du rendement avec tuteur au nord de la latitude 8° 30' (HAHN *et al.*, 1994). Aussi, même en culture manuelle, l'abandon du tuteurage n'est pas rare. C'est une pratique courante dans de nombreuses régions de savane en Afrique (Bénin, Nigeria) ainsi qu'aux Antilles.

Le comportement au non tuteurage est cependant variable selon les cultivars. En l'absence de support, la chute de rendement peut varier de 0 à plus de 50 % comme le montre le tableau II.

En culture sédentarisée, les tuteurs naturels ne sont plus disponibles et la main-d'œuvre nécessaire à la mise en place et surtout au transport des tuteurs (branchage, perche...) sur le champ devient une contrainte très importante, jusqu'à plusieurs dizaines de journées de travail à l'hectare. Dès que les surfaces sont importantes, le tuteurage devient une opération trop contraignante surtout en cas de récolte mécanisée qui supposerait en plus un enlèvement préalable des tuteurs. Dans ces situations, les agriculteurs choisissent en général de s'en passer, quitte à accepter une baisse de rendement.

Tableau I. Ordre de grandeur des temps de travaux en culture de l'igname.

Système manuel	Jour/ha	Observation	Système motorisé	Heure/ha	Observation
Défrichement	20-30				
Confection des fosses/plantation	200	jardin créole Antilles/ Nouvelle-Calédonie	préparation du sol	20-25	nettoyage, labour, affinage
Buttage	40-60		billonnage	2-4	
Plantation	20-30		plantation semi-mécanisée	5-6	2-3 ouvriers
Tuteurage	40-60	coupe, transport compris	tuteurage artificiel	50-80	palissage Val de Loire
Désherbage	40-80		herbicide	15	2 pulvérisations
Récolte sur butte	40-70	rendement : 10-15 t/ha	soulevage mécanique	150-200	rendement : 30 t/ha
Récolte en fosse	100-120		ramassage manuel		
Stockage	20-30		chargeuse 8 ouvriers	100	2,5 t/heure
Total	200-450	selon système			

Tableau II. Comparaison du rendement avec et sans tuteur. Station Inrab de Ina au Bénin (latitude 10° N), 1982-1995.

Espèce	Nombre de cultivars en collection	Rendement moyen t/ha avec tuteur	Rendement moyen t/ha sans tuteur	Perte de rendement en % sans tuteur	Variation en % selon le cultivar
<i>D. alata</i>	33	19,47	16,0	18	3 à 69
<i>D. cayenensis-rotundata</i> tardive	38	14,94	11,90	20	0 à 31
<i>D. cayenensis-rotundata</i> précoce	24	13,34	12,44	8	0 à 18

En l'absence de tuteur, la première adaptation consiste à choisir, pour une espèce donnée, les variétés les moins sensibles au non tuteurage. Cependant, on peut également jouer sur les techniques culturales pour minimiser les baisses de production. ONWUEME (1982) recommande une augmentation de densité conjointement à l'utilisation de semencaux plus petits. Ces deux pratiques conduisent à l'obtention de tubercules moins gros, plus demandés par le commerce.

Un des inconvénients du non tuteurage est la difficulté du désherbage et l'utilisation d'herbicide qui est souvent à prévoir en parallèle. En zone très humide, le tuteurage limite aussi l'incidence des maladies cryptogamiques.

Cependant, même en culture fixée et intensifiée, il existe des situations où l'abandon du tuteurage n'est pas possible ou intéressant pour l'agriculteur. On a donc cherché à améliorer le tuteurage (ou palissage) pour qu'il soit plus rapide et moins fastidieux. En Nouvelle-Calédonie, on a ainsi utilisé un treillis de tuteurage en fil nylon placé verticalement. A l'usage, cette méthode s'est révélée onéreuse, les filets étant difficiles à réutiliser surtout avec *D. cayenensis-rotundata*, aux lianes plus coriaces.

En France, où dans le Loir et Cher une petite production de *D. opposita* se maintient, on utilise un palissage composé de poteaux en bois sur lesquels sont accrochés deux fils de fer espacés de 1 m, le plus bas étant placé à environ 30 cm du sol. Une ficelle plastique est ensuite tendue en zigzag entre les deux fils et permet aux lianes de grimper. Ce système demande 8 à 10 j de travail/ha (figure 1).

L'enlèvement des fils avant la récolte et leur réutilisation ultérieure est assez facile. En Nouvelle-Calédonie, cette technique a été adaptée pour pouvoir facilement abaisser le fils supérieur en cas de menace cyclonique.

## L'alimentation de la plante

L'igname est une plante relativement exigeante en fertilité du sol, ce qui, en l'absence de fertilisation, oblige les agriculteurs à la cultiver sur une défriche

forestière ou après une jachère longue. En agriculture fixée et intensifiée, des apports relativement importants, tant organiques que minéraux, sont en général pratiqués. Les ordres de grandeur des exportations minérales sont donnés dans le tableau III.

Les travaux sur les carences minérales de l'igname ont mis en évidence un effet pénalisant croissant pour les éléments S, K, Ca et N.

## La matière organique

L'igname est une plante exigeante en matière organique et en agriculture intensive sans jachère un apport organique est en général nécessaire. Le cycle de la plante étant relativement long, la matière organique contribue à diminuer les pertes par lixiviation et, en conséquence, à diminuer les apports d'engrais chimiques. Elle semble jouer un rôle dans la limitation des attaques de nématodes (ADESIYAN et ADE- NIJI, 1976).

En fonction des disponibilités locales, de nombreuses sources de matière organique sont utilisées. Dans les Antilles françaises, les apports d'engrais chimiques recommandés, en fonction de la matière organique utilisée, sont fournis dans le tableau IV.

En Nouvelle-Calédonie, en l'absence de matière organique facilement disponible, une avant-culture de sorgho engrais vert est couramment semée en début de saison des pluies précédant la culture principale (maraîchage, igname...) et enfouie après 3 ou 4 coupes. Au Brésil, avec 10 t/ha de fumier d'étable ou 30 t/ha de bagasse, on apporte 40 ou 60 kg/ha d'azote en observant un rapport K/N d'environ 2 (CHAGAS, 1986).

## La fertilisation chimique

En culture intensifiée, l'apport d'engrais chimique est la règle. Les apports concernent pratiquement toujours l'azote et la potasse, en quantité à peu près équivalente. Le phosphore est appliqué de façon moins systématique. Les quantités apportées sont souvent importantes de l'ordre de 0,5 à 1,0 t/ha d'engrais commercial, voire plus de 2 t/ha à la Jamaïque. Le tableau V donne les fertilisations recommandées dans quelques zones de production intensive.

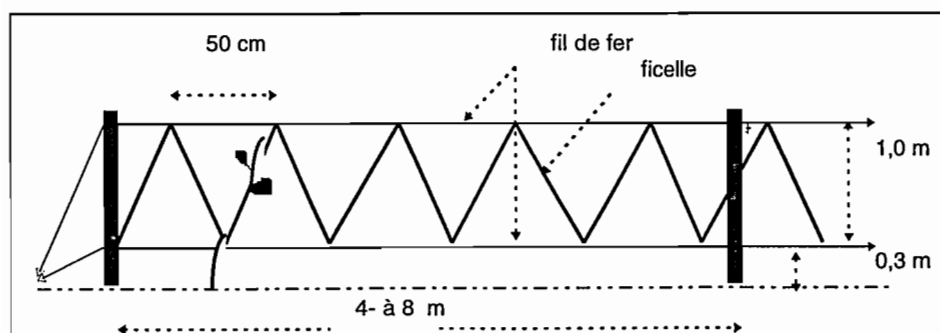


Figure 1. Type de palissage utilisé avec *D. opposita* dans le Loir et Cher, d'après MATHIEU (1988).

**Tableau III.** Ordres de grandeur des exportations minérales pour l'igname (d'après DEGRAS, 1986).

Eléments minéraux	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
Kg exportés par tonne de tubercules frais	4	0,4	4,4	0,1	0,2
Exportation en kg pour un rendement de 30 t	120	12	130	3	6

**Tableau IV.** Apport d'engrais chimique en unité/ha en fonction de la matière organique apportée avant culture (CHAMBRE D'AGRICULTURE, 1987).

Matière organique	Igname cycle long			Igname cycle court			
	avant plantation			à 2 mois	tout à la plantation		
Nature t/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Sans M.O.	100	60	150	70	60	30	70
Bagasse compostée 50	125	60	100	-	60	30	60
Fumier 20	0	40	70	60	60	30	60
Compost d'herbe 20	0	40	70	70	60	30	60
Boues d'épuration 100	0	0	70	70	0	0	0

**Tableau V.** Quelques formules de fertilisation utilisées en culture d'igname.

Pays	Système	Engrais utilisé	Dose kg/ha	Fractionnement
Antilles françaises	cycle court	15-7-24	350	100 % à la plantation
		urée	100	
	cycle long	15-7-24	650	à la plantation
		urée	150	
Brésil	cycle long ( <i>D. cayenensis-rotundata</i> )	sulfate ammoniacque	300	SSP + 10 t/ha de fumier à la plantation, N+K : 1 ou 2 apports en couverture
		superphosphate (20 %) SPP	600	
		KCl	100	
Nouvelle-Calédonie	cycle 9-10 mois	0-32-16	300	à la plantation
		13-13-21	500	2 mois après levée
France	<i>D. opposita</i>	Nitrate de K	300	2 mois après la plantation
		superphosphate	200	idem
		urée + nitrate de K	100 + 300	4 mois après la plantation

En raison du cycle assez long de la plante, la fertilisation, notamment avec les variétés tardives, est souvent fractionnée. A la fumure de fond apportée avant billonnage, on ajoute en cours de végétation (2 à 3 mois après plantation) un second apport localisé et enfoui. Cet apport en couverture doit être manuel. Lorsqu'on irrigue, il est possible d'apporter la fertilisation N et K en cours de végétation dans l'eau d'arrosage par plusieurs applications de 10 à 20 kg/ha d'unités fertilisantes.

Un préjugé tenace en Afrique veut que l'apport d'engrais chimique altère la qualité gustative de l'igname pilée. Selon nos observations personnelles, cette appréciation concerne principalement les *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes, les plus appréciées pour la confection du *foutou*. Les paysans africains reprochent à l'engrais d'augmenter la teneur en eau des tubercules, ce qui altérerait la saveur de l'igname pilée. C'est une affirmation qui à notre connaissance

n'a pas été vérifiée par des méthodes objectives. L'augmentation des pertes après récolte, que l'on reproche aussi à la fertilisation chimique, a, en revanche, fait l'objet de nombreuses études aux résultats contradictoires. Des travaux menés en Côte d'Ivoire ont cependant montré que la fertilisation en augmentant le poids unitaire des tubercules influe sur les pertes pendant la conservation de façon opposée selon l'espèce considérée. Chez *D. alata* les gros tubercules se conservent mieux, alors que chez *D. cayenensis-rotundata* c'est l'inverse (DUMONT *et al.*, 1997).

Le pH optimal se situe entre 6 et 7 pour l'igname. En dessous de pH 5,5, il peut apparaître des problèmes de toxicité aluminique qui nécessitent un amendement calcaire (GAZTAMBIDE *et al.*, 1975). En Guadeloupe, à pH 5, on utilise le tuf calcaire broyé à la dose de 5 t/ha (équivalent à 2 t de chaux agricole) (DEGRAS, 1994).



## L'irrigation

L'igname est cultivée sous de nombreux climats où les déficits peuvent être importants à certaines périodes surtout en début de cycle. Il existe peu de travaux sur l'alimentation hydrique de l'igname. L'irrigation se pratique cependant dans plusieurs régions où les conditions économiques le justifient comme, notamment, au nord-est du Brésil pour la production d'exportation, aux Antilles et en Nouvelle-Calédonie.

En absence de toute pluie, l'irrigation est recommandée deux fois par semaine en quantité suffisante pour maintenir l'humidité du sol autour de la capacité au champ. En Nouvelle-Calédonie, on arrose par aspersion environ 15 mm par tour d'eau en début de cycle à une période (octobre-décembre) où l'Etp peut dépasser 10 mm/jour.

Si l'aspersion est la méthode la plus répandue, elle a l'inconvénient de provoquer beaucoup de perte par ruissellement et, en mouillant le feuillage, favorise diverses agressions du feuillage par l'effet combiné du soleil (effet loupe) et du vent qui sont autant de portes d'entrée pour les maladies cryptogamiques.

Des essais d'irrigation par système goutte à goutte ont donné de bons résultats en Nouvelle-Calédonie où ils ont permis de réduire des 2/3 les quantités d'eau apportées. Combinée avec le paillage plastique et l'apport de la fertilisation de couverture dans l'eau d'arrosage, cette méthode permet d'assurer une alimentation hydrique, minérale et un contrôle des adventices optimaux.

## La protection de la culture

### Le contrôle des mauvaises herbes

La maîtrise des mauvaises herbes est une condition fondamentale pour la réussite de la culture. La sensibilité de l'igname aux mauvaises herbes apparaît maximale entre 2 et 3 mois après la levée (BEALE *et al.*, 1988). Dès que les surfaces deviennent importantes, un désherbage chimique est en général nécessaire surtout en l'absence de tuteurage.

La longueur du cycle, qui peut atteindre plus de 300 j et la lenteur de la mise en place du couvert végétal (souvent plus de 5 mois pour une couverture complète du sol), implique une rémanence longue de l'effet herbicide.

On dispose actuellement d'une panoplie d'herbicides qui permettent un contrôle satisfaisant des adventices pendant les 5 à 6 premiers mois tout au moins en zone de pluviosité moyenne (savane de Côte d'Ivoire, Antilles). En zone plus arrosée (zone forestière), la protection ne dépasse pas trois mois et ne permet pas d'éviter les sarclages manuels.

Avant la levée, si l'enherbement le justifie, une application d'herbicide total peut être utilisée sur les billons. Le paraquat est en général le produit le plus utilisé. Lorsque la culture est tuteurée ce type de produit peut être utilisé en application localisée avec un cache en cours de végétation. En Nouvelle-Calédonie, en présence d'adventices à rhizome (*Cyperus rotundus*, *Imperata cylindrica*), on utilise avec succès du glyphosate.

Les herbicides anti-germinatifs et sélectifs s'appliquent en prélevée (jusqu'à 5 % de levée) sur un sol propre. Dans la pratique, cela intervient entre 3 et 6 semaines après la plantation.

En Côte d'Ivoire, le produit de référence est la métribuzine dont le coût peut être réduit par adjonction de diuron. Le mélange amétryne + atrazine, utilisé sur la canne à sucre est une alternative. Les combinaisons atrazine+ pendiméthaline (utilisées aux Antilles), atrazine + métolachlor et terbutryne + métolachlor, sont utilisables en culture associée igname-maïs (MARNOTTE et TEHIA, 1995).

En post levée de la culture et des adventices, le fluazifop-butyl permet d'éliminer les poussées de graminées. En revanche, on ne dispose pas pour l'instant de produit pour contrôler les dicotylédones en cours de culture, les produits à base de 2,4-D et de trychlopyr se montrant particulièrement phytotoxiques pour la culture. Le tableau VI donne les conditions d'utilisation pour ces différentes matières actives.

**Tableau VI.** Conditions d'utilisation de différentes matières actives herbicides pour la culture de l'igname.

Stade d'application	Matière active	Dose kg/ha	Remarque
Prélevée de la culture sur adventices	paraquat	0,4 - 0,8	en post-levée avec cache
	glyphosate	1 à 2	
Prélevée de la culture sur sol propre	métribuzine	1,4 - 3,0	dose faible pour sol léger
"	métribuzine + diuron	0,8 + 1,0	
"	amétryne + atrazine	1,75 + 1,75	utilisable sur canne à sucre
"	atrazine+ pendiméthaline	1 à 2,25 + 1,5	sélectif du maïs
"	atrazine + métolachlor	1,5 + 1,5	sélectif du maïs
"	terbutryne+ métolachlor	1,0 + 2,0	sélectif du maïs
Post levée de la culture et des adventices	fluazifop-butyl	0,25	antigraminée



## Le paillage

Le paillage est une alternative à l'utilisation d'herbicide chimique pour limiter l'enherbement. C'est une technique courante en culture traditionnelle dans certaines régions (fatrassage avec mulch d'herbe sèche dans les jardins créoles ou palmes de cocotier en Mélanésie). Cette technique permet également de limiter le dessèchement du sol en début de cycle qui correspond souvent à des périodes sèches. On a parfois noté des effets dépressifs de ces mulch (VERNIER et VARIN, 1995). Cependant, dès que les surfaces deviennent importantes, la quantité de main-d'œuvre nécessaire au ramassage et au transport du paillis devient prohibitive.

Le paillage des billons avec les films polyéthylène opaques est parfois utilisé notamment pour les pépinières de production de semence. Le film bicolore, blanc dessus pour éviter l'échauffement et noir dessous pour assurer l'opacité donne de bons résultats. Il ne dispense pas d'un entretien des interbillons.

## La protection contre les ennemis de la culture

L'intensification et la sédentarisation de la culture accroissent comme chez toutes les plantes la pression parasitaire. L'incidence des différents pathogènes n'est pas identique pour toutes les espèces (POUZET, 1985). Les ignames africaines (*D. cayenensis-rotundata*) sont surtout sensibles aux nématodes et aux viroses alors que les maladies cryptogamiques peuvent faire des ravages chez *D. alata*. L'espèce américaine *D. trifida* est, quant à elle, limitée par l'incidence des viroses. Cependant, pour une espèce donnée, la sensibilité dépend des variétés et la première méthode de lutte contre ces problèmes consiste à sélectionner les variétés les plus résistantes. En raison du mode de multiplication végétative, le risque de transmission des pathogènes par les semences est fort et il est fondamental de les sélectionner avec soin et d'en assurer la conservation dans de bonnes conditions avant la plantation suivante. Les techniques de lutte contre les différents ravageurs ou agents pathogènes seront exposées dans d'autres communications et ne sont pas détaillées ici.

## La récolte

La récolte manuelle de l'igname est une opération pénible. De toutes les opérations culturales, c'est celle qui consomme le plus de main-d'œuvre, entre 40 et 70 j/ha, voire beaucoup plus, avec les tubercules très longs. Dans le cas de la culture sur fosse (Antilles, Nouvelle-Calédonie), l'opération peut demander jusqu'à 200 j/ha. La mécanisation de cette opération a donc été une demande des plus pressantes des producteurs. Un certain nombre de

préalables sont nécessaires pour envisager une récolte mécanique.

La variété doit être adaptée au mode de récolte. Ceci exclut les formes irrégulières (digitation), trop longues (moins de 40-45 cm) et bien sûr, la pratique de la double récolte et du tuteurage traditionnel.

Outre le choix de la variété, le besoin de tubercules homogènes et de taille moyenne suppose l'utilisation de semences petits (de 100 à 150 g), une densité élevée de plants/ha (de 15 à 25 000/ha) à une profondeur régulière et sur des billons bien alignés.

La récolte doit se faire sur billon préalablement dégagé du feuillage. Cette opération peut être également mécanisée pour les grandes parcelles à l'aide de gyro-broyeur ou de défannage chimique (paraquat).

De nombreux essais de récolte mécanisée ont été effectués en Afrique, aux Antilles ainsi qu'en Nouvelle-Calédonie. Il s'agit, en général, de machine permettant de soulever les tubercules qui doivent ensuite être ramassés à la main.

Les machines les plus fréquentes sont des souleveuses constituées d'une lame portée par des élançons passant sous le billon. Cette lame est prolongée vers l'arrière de doigts animés par prise de force qui soulèvent et secouent les tubercules avant de les déposer à l'arrière (DALY, 1980). Une machine de ce type est fabriquée en série à la Barbade.

Une autre sorte de souleveuse, recommandée par l'Inra aux Antilles, est constituée d'une charrue à soc unique et versoir agrandi qui soulève et verse les tubercules sur le côté. En Nouvelle-Calédonie, un type d'outil semblable a permis en essai de diviser par trois les temps de travaux avec un taux de tubercules abîmés plutôt inférieur à la récolte manuelle (VERNIER et VARIN, 1996), (figure 2).

Il faut signaler l'existence d'un prototype, beaucoup plus sophistiqué, de récolteuse à 2 rangs, dérivé d'un modèle pour pomme de terre et mis au point par les Ets Autran-Covema (Orange, France) pour un producteur de Guadeloupe et qui semble donner toute satisfaction. Il s'agit d'un engin traîné nécessitant un tracteur d'au moins 100 Cv et qui transporte 6 à 8 personnes et assure la mise en sac. En terrain lourd, la récolte proprement dite doit être précédée d'un sous-solage. Le rendement est d'environ 2,5 t/h.

Les outils décrits ci-dessus sont prévus pour les ignames à tubercules « normaux », essentiellement *D. alata* et *D. cayenensis-rotundata*. Pour les espèces d'ignames à tubercules en grappe peu profonds (*D. esculenta*, *D. trifida*), une récolte est possible avec une arracheuse à pomme de terre classique.

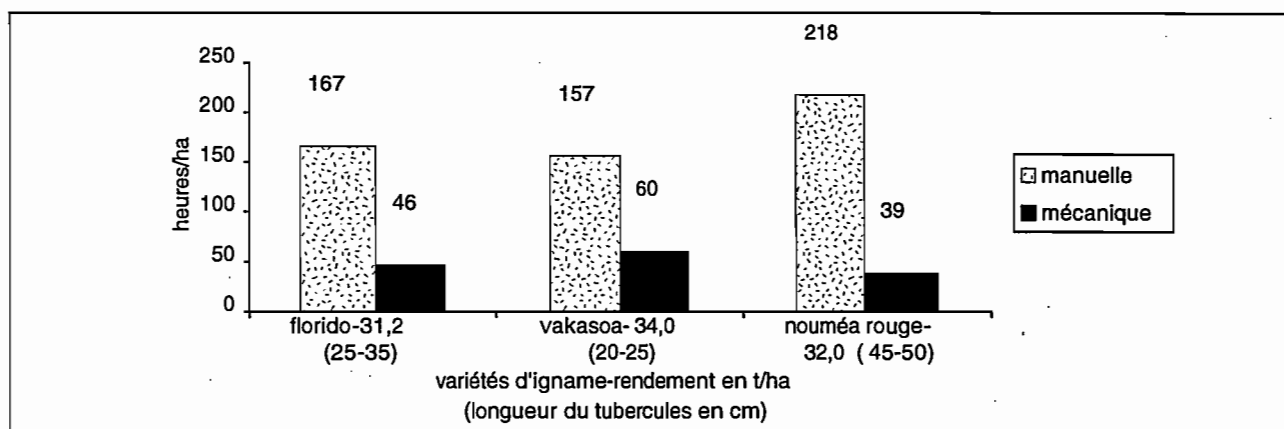


Figure 2. Temps de travaux à la récolte en 1994 (arrachage et ramassage).  
D'après VERNIER, VARIN, 1996.

## Après la récolte

L'igname est un tubercule relativement fragile qui demande la mise en œuvre de techniques adaptées pour sa conservation et sa protection contre les différents ravageurs.

Nous présenterons simplement, ici, les modes de conditionnement pour la commercialisation qui viennent en général à la suite des techniques intensives de production. Lorsque la commercialisation est orientée vers les consommateurs exigeants (marchés ethniques des pays du Nord, Dom-Tom, Japon...), la présentation du produit devient importante.

L'expédition doit être précédée d'un nettoyage des tubercules pour les débarrasser de leur terre. Cette opération peut se faire à l'aide de nettoyeuse à légume constituée d'un tapis convoyeur passant dans une zone de lavage sous pression. De telles installations sont utilisées en France et permettent de laver plus de 800 kg d'igname à l'heure (MATHIEU, 1988). En zone tropicale un séchage parfait doit suivre pour éviter la détérioration du produit. Toujours dans la même région du Val de Loire, certaines exploitations font un nettoyage à sec à l'aide d'une lustreuse à pomme.

Avant l'exportation depuis les pays tropicaux, une fumigation est parfois appliquée. Au Ghana, on utilise le bromure de méthyle pendant 4 h à une température de 28 °C. Le conditionnement se fait en principe juste avant expédition, essentiellement en carton de 20 kg (Val de Loire, Jamaïque) à 25 kg (Ghana).

## Conclusion

Le panorama qui vient d'être fait montre qu'il existe pratiquement pour toutes les opérations culturales des techniques intensives adaptées à la culture de l'igname et permettant d'augmenter les rende-

ments et la productivité du travail. Leur utilisation complète et même partielle reste géographiquement très limitée. Dans les pays en développement, elle se rencontre principalement avec les productions « niche » orientées vers l'exportation (Caraïbes, Brésil). Cette situation n'est pas très différente de celles des autres cultures tropicales. La diffusion des techniques intensives dépend et trouve sa justification dans le rapport entre le coût de la main-d'œuvre et celui des autres facteurs de production.

Cependant, même en Afrique occidentale, de loin la principale région productrice et celle où les conditions justifiant une intensification semblent les plus lointaines, l'évolution actuelle et prévisible des systèmes de culture (raccourcissement des jachères, sédentarisation, orientation vers le marché) peut conduire à un changement des pratiques traditionnelles. Après l'abandon d'opérations volontaristes d'intensification conduites par des sociétés de développement public souvent sans suite (VERNIER et ARNAUD, 1989), une évolution plus autonome commence à se dessiner et l'igname se rencontre, notamment en zone de savane, en rotation avec le coton et les céréales dans des systèmes utilisant la traction attelée, voire la motorisation, les engrais et parfois l'herbicide. De grosses exploitations partiellement motorisées, axées sur la vente et parfois la transformation, commencent à émerger et sont confrontées aux problèmes de main-d'œuvre et de fixation de l'agriculture. Le maintien et l'intensification corrélative de l'igname dans ces situations agricoles dépendront de la diffusion de cultivars adaptés. Il dépendra aussi d'une meilleure adaptation des produits terminaux aux exigences des marchés urbains qui deviennent prépondérants. Cette adaptation passe notamment par la transformation, au moins partielle, en produits stabilisés et attractifs pour le consommateur. La transformation en cossettes d'igname (DUMONT et VERNIER, 1995) en est un exemple dans la région du golfe du Bénin.

## Références bibliographiques

- ADESIYAN S.O., ADENIJI M.O., 1976. Studies on some aspects of yam nematode (*Scutellonema bradys*). Ghana Journal of Agricultural Science 9 (2) : 131-136.
- CHAGAS MAFRA R., 1986. Recomendações técnicas para o cultivo de carà. Brasília, Cnp-Hortaliças, 13 p.
- CHAMBRES D'AGRICULTURE de la Martinique et de la Guadeloupe, 1987. L'igname, Manuel du producteur. Fort de France, Martinique, 72 p.
- COURSEY D.G., 1981. The interactions of yam and man. J. Agric. Trop. Bot. Appl. (Jatba) 28 (1) : 5-21.
- BEALE A.J., CALDERON G., CORTES J., ROJAS C.E., 1988. Studies on the critical periods of weed competition in yams (*Dioscorea rotundata* Poir. and *Dioscorea alata*). In 7<sup>th</sup> symposium Istrc, Gosier, Guadeloupe, 1-6 July 1985. Inra, Paris, France, p. 269-284.
- DALY P., 1980. La culture industrielle de l'igname *Dioscorea alata* en Martinique. Irat, Fort de France, 15 p.
- DEGRAS L., 1986. L'igname, plante à tubercule tropicale. Ed. Maisonneuve et Larose, coll. Techniques agricoles et productions tropicales, Paris, France, 408 p.
- DEGRAS L., 1994. L'igname. Ed. Maisonneuve et Larose, coll. Le technicien d'agriculture tropicale, Paris, France, 134 p.
- DUMONT R., LETOURMY P., KOUAKOU AMANI M., 1997. Influence de la fertilisation chimique sur l'aptitude à la conservation des ignames en Côte d'Ivoire. Aupelf-Uref, Cahiers Agricultures 6, 107-114.
- DUMONT R., VERNIER P., 1995. La production et l'utilisation de cossettes d'igname (*D. cayenensis-rotundata*) au Bénin. Situation actuelle et perspectives. In 6<sup>th</sup> Symposium Istrc-Ab, Lilongwe (Malawi), 22-28 octobre 1995. Nigeria, Iita, 12 p. (à paraître).
- DUMONT R., VERNIER P., 1997. La culture de l'igname en Afrique. Quelles perspectives pour le développement. Quels enjeux pour la recherche. Cahiers de la Recherche-Développement n° 44, 3 p. (à paraître).
- GAZTAMBIDE S., CIBES H.R., 1975. Nutritional deficiencies of yams (*Dioscorea* spp.) and related effects on yield and leaf composition. The Journal of agriculture of the University of Puerto Rico (59) : 264-273.
- HAHN S.K., OSIRU D.S.O., AKORODA M.O., OTOO J.A., 1994. Production des ignames : rôle actuel et perspectives d'avenir. Guide de recherche de l'Iita 46, Nigeria, 37 p.
- MATHIEU V., 1988. L'igname de Chine à Saint-Claude de Diray. Rapport de stage de Btsh. Lycée agricole de Saint-Germain, France, 127 p.
- MARNOTTE P., TEHIA E.K., 1995. Bilan des essais de désherbage de la culture d'igname en zone centre de Côte-d'Ivoire. In Proceedings, 16<sup>th</sup> conference of Columa, Reims, 6-8 septembre 1995. Anonymous Anpp : 1355-1363.
- ONWUEME I.C., 1982. A strategy package for reducing the high labour requirements in yam production. In Yams, ignames, MIEGE J. and LYONGA S.N. (eds.). Clarendon Press, Oxford, Grande-Bretagne, p. 335-344.
- PICHOT J., 1996. Diversité des systèmes de culture intertropicaux : un défi pour l'action. Cahiers Agriculture 5-6 : 445-449.
- POUZET D., 1985, L'igname. Irat-Cirad, Mémoire et Travaux 18 : 87-96.
- VANDEVENNE R., TOURTZEVITCH Y., 1979. Essais de mécanisation de la culture de l'igname en Côte d'Ivoire. Machinisme Agricole Tropical 60 : 30-46.
- VERNIER P., ARNAUD M., 1989. L'introduction de la motorisation intermédiaire dans la région du Sud-Est Benoué (Nord-Cameroun). Etude de certaines conséquences sur les exploitations agricoles. Cahiers de la Recherche-Développement 23 : 26-39.
- VERNIER P., VARIN D., 1995, Rapport annuel 1994. Programme cultures vivrières. Cirad, Nouvelle-Calédonie, 137 p.
- VERNIER P., VARIN D., 1996, Récolte mécanique de l'igname en Nouvelle-Calédonie. Agriculture et développement 10 : 56-60.



# Rapport de la session II. Le milieu

G. C. ORKWOR

Mesdames et messieurs,

J'aimerais vous féliciter d'avoir survécu à ces intenses journées de travail, qui nous ont démontré que les Français savent en obtenir pour leur argent ! Ils travaillent dur ! J'aimerais également vous dire à quel point j'apprécie votre assiduité, car l'amphithéâtre est presque aussi plein ce soir que le premier jour, ce qui démontre votre intérêt et votre engagement envers le sujet de cette conférence.

Cela étant dit, cet intérêt est nécessaire car l'igname a été négligée par le passé et nous n'avons que quelques heures pour faire pour l'igname ce qui a été fait pour le manioc pendant plus de dix ans.

En ce qui concerne les présentations, je crains que mon intervention ne soit pleine de répétitions, qui reprendront ce que mes prédécesseurs ont déjà formulé, mais l'information est toujours nécessaire et vous êtes libres de garder celles qui vous intéressent et de ranger les autres au musée d'à côté.

Le discours inaugural a expliqué comment entreprendre ce travail de titans. Certains d'entre nous venaient en France pour la première fois, et ont ainsi appris à connaître la puissance du Cirad, son étendue et l'importance de son financement, ainsi que son organisation et le degré de son intérêt pour l'igname.

L'espoir a jailli de la présentation du Dr Onanga, président du comité de suivi de la Coraf.

Dans une des présentations matinales, l'un des orateurs a évoqué le problème des statistiques, ce qui nous a permis de voir que nos statistiques dans le

domaine de la production de l'igname ne sont pas très précises. Cela est compréhensible et je suis alors intervenu pour dire qu'il fallait résoudre ce problème avant de quitter Montpellier. Nous devons nous mobiliser afin d'obtenir des statistiques précises sur la production de l'igname, en Afrique et dans le monde. Je crois que nous sommes tous d'accord à ce sujet. L'organisation tutélaire, la Coraf, présente aujourd'hui en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale, nous a assuré, par la voix de son directeur, le Dr Onanga, qu'elle était prête à collaborer avec d'autres organismes intéressés à promouvoir la cause de l'igname, afin de rattraper le retard. Je pense donc que cela renforcera plus encore nos positions.

Ensuite, le Dr Marchand a pris la parole. Son talent d'organisateur et celui de son équipe — que j'ai évoqué au début de ma présentation —, a permis de réunir des représentants du Nord, de l'Europe, des pays du Sud, de l'Est et même des Antilles. Nous sommes tous présents. Cette conférence est donc bien internationale, comme son nom l'indique. C'est le séminaire international sur l'igname, culture traditionnelle et culture d'avenir.

Les présentations du Dr Henry et les commentaires de Nicolas Bricas ont traité des statistiques de la Fao qui couvrent une période de dix à quinze ans. Nous sommes tous d'accord pour dire qu'il faut résoudre ce problème et améliorer la qualité des données.

En ce qui concerne la production de l'Amérique latine, nous nous sommes aperçus du fait que, même si le volume produit par l'Amérique latine et par les Caraïbes est inférieur à 3 % de la production mon-

diale d'igname, ces pays sont enregistrés, et surtout le Brésil, comme les plus grands exportateurs d'igname au monde. Pourtant le volume total de leurs exportations ne dépasse pas 1,2 million de tonnes.

La production en Afrique représente environ 95 % et le Nigeria à lui seul produit 24 millions de tonnes par an, dont 98 % sont consommés sur le marché intérieur. Nos volumes ne sont pas inscrits dans les registres officiels du commerce. C'est pourquoi le pays producteur de 1,2 million de tonnes est connu comme étant le plus gros exportateur d'igname. Bien que l'igname du Nigeria, de la Côte d'Ivoire et du Ghana se trouve dans les pays voisins, leurs volumes de production ne sont pas officiellement enregistrés. Il s'agit donc d'un problème sur lequel nous devrions réfléchir dès notre retour dans nos pays respectifs.

Le commerce reste artisanal et mal connu, et comme l'a souligné Ouattara dans son intervention, les syndicats commerciaux exploitent les petits producteurs.

Nous avons ensuite entendu Madame Perrot nous décrire les rites autour de la production et de la consommation de l'igname ; elle nous a cité l'exemple du Ghana. Elle nous a décrit les rites qui représentent certainement une réalité. C'est probablement pour cette raison que de nombreux pays donateurs considèrent l'igname comme une culture africaine. Pourtant, je suis certain que l'igname peut être trouvée et consommée partout au monde.

C. Seignobos, du Cameroun, en Afrique centrale, nous a démontré qu'il y a lieu d'améliorer les espèces sauvages cultivées par les pygmées, etc.

Les présentations du début de matinée, y compris celle de G. Païta de la Nouvelle-Calédonie, ont couvert les rites et les pertes en matières génétiques, particulièrement dans cette région où il existait 300 espèces et où il n'en subsiste aujourd'hui que 140. Peut-être n'en trouveront-ils plus que 100 à leur retour !

Cela nous donne la force de mener à bien un projet pour lequel il conviendra de rédiger une proposition écrite, sur la conservation de la biodiversité génétique de l'igname dont nous discutons depuis deux ou trois heures. J'espère que nous aurons des solutions à soumettre en temps utile.

Dans l'intervention de P. Vernier sur les systèmes de culture et les approches agronomiques, nous avons

pu apercevoir le prélude à l'étude actuelle concernant la mécanisation appliquée à l'igname.

Les présentations du Dr Vernier, et d'autres, nous ont aidés à avancer dans le domaine des progrès technologiques. Nous devons tenir compte des systèmes de culture. L'igname n'est en général pas plantée comme cela se fait dans les régions où elle est produite en masse, ce qui pourrait se révéler compliqué. La mécanisation est bonne, mais ne peut vraiment être utile qu'après la révision des systèmes de culture. C'est ce que dit M. Farant de l'Inra dans sa présentation.

La présentation de R. Dumont sur l'introduction de l'igname et sa domestication, et leur association à la culture de l'igname, nous permet de comprendre que cette culture n'est pas due au hasard.

J'aimerais me permettre une légère digression afin de souligner qu'avec ou sans recherche, les producteurs au Nigeria n'attendent pas les résultats d'une quelconque recherche pour produire leurs 24 millions de tonnes annuelles. Ils continuent d'avancer car c'est ce qu'ils savent faire et font depuis des siècles. Nous devrions donc tenter de mieux comprendre ce qu'ils font et appliquer des modèles technologiques modernes afin d'améliorer le système existant.

J'ai oublié ma propre présentation ! Mais même si elle vient en dernier, elle n'est pas moins importante ! J'ai parlé de la production de semences, ce qui a déclenché de multiples discussions, car il s'agit là d'un facteur extrêmement limitatif en ce qui concerne la taille et la production d'igname dans tous les pays producteurs. Il existe une nouvelle technologie, déjà bien connue, qui n'est pas encore appliquée sur le plan mondial. Elle est cependant disponible et nous pourrions l'utiliser afin de résoudre les problèmes que nous rencontrons dans ce domaine.

R. Arnolin a évoqué la sélection sanitaire et nous a démontré qu'il est nécessaire de tenir compte des problèmes inhérents à la protection des plantes.

Je voulais mettre en exergue les domaines de réflexion qui s'ouvrent aujourd'hui, afin de vous permettre de corriger vos notes à votre retour.

N'oubliez pas la prochaine date de réunion importante à Trinidad et Tobago le 24 octobre 1997.

Session III

**La plante**







# Genetic selection in food yams: a century of sporadic efforts

M. O. AKORODA  
TRIP, IITA, Ibadan, Nigeria

**Abstract** — Yams are important sources of carbohydrates in food for many people in tropical countries particularly in Africa. The six countries from Cameroon to Ivory Coast produce about 90% of the world's output. Selection of genotypes, in these countries, is centered on tuber yield, tuber size and shape, as well as culinary quality (mainly mealiness after cooking and poundability in a wooden mortar). The genetic selection of yam species to improve varietal performance, based on many traits and techniques, has been undertaken by virtually every major yam country, if only, sporadically. The full complement of staff and funds required to implement a balanced selection program has not been sustainably established in any of these countries. International support from IITA and several other donor agencies has strengthened selection activities. This has significantly advanced the system for hybrid seed production and distribution of only few species especially, *Dioscorea rotundata* and *D. alata* which are the two most important food yam species worldwide. New biotechnological methods for facilitating the crossing schemes among divergent clones are now available for obtaining more reliable selection for abiotic stresses, diseases, and pests outside the field. Fast progress made should be carefully documented in a CD-ROM so that new yam programs can benefit from them and avoid duplication of efforts.

**Résumé** — **Sélection génétique des ignames : un siècle d'efforts sporadiques.** Les ignames sont des sources importantes d'hydrates de carbone dans l'alimentation de plusieurs personnes dans les pays tropicaux, particulièrement en Afrique. Les six pays allant du Cameroun jusqu'en Côte d'Ivoire produisent environ 90 % de la production mondiale. La sélection des génotypes dans ces pays est centrée sur le rendement en tubercules, la taille et la forme des tubercules, ainsi que sur la qualité culinaire (principalement, la friabilité après cuisson et la texture de la pâte, obtenue à partir de l'igname cuite pilée un mortier en bois). La sélection génétique des espèces d'igname pour l'amélioration de la performance variétale basée sur plusieurs paramètres et techniques a eu lieu dans

presque tous les principaux pays producteurs d'ignames, ne serait-ce que sporadiquement. Le personnel et les fonds requis pour faire fonctionner un programme complet de sélection n'ont, cependant, jamais été maintenues de façon durable dans ces pays. Le soutien international de l'IITA et de plusieurs autres organismes de financement pour les activités de sélection a fait avancer de façon significative le système de production et de distribution des semences hybrides de quelques espèces seulement, spécialement *Dioscorea rotundata* et *D. alata* qui sont les deux espèces d'igname les plus importantes du monde. Les nouvelles méthodes biotechnologiques facilitant la réalisation de croisements entre les clones divergents sont maintenant disponibles pour obtenir au laboratoire une sélection plus fiable vis-à-vis des contraintes abiotiques, des maladies et des ravageurs. Le progrès déjà réalisé doit être bien documenté dans un cédérom afin que les nouveaux programmes de recherche sur l'igname puissent en bénéficier et éviter les duplications d'efforts.

## Introduction

Yams (*Dioscorea* species) are economic food crops in most of the tropics, especially in West and Central Africa which produces over 90% of the world's output of about 30 million tonnes (FAO 1994). «In the 'yam belt' of West and Central Africa, the crop contributes more than 200 dietary calories per person each day for over 60 million people, generates income from local and international trade and constitutes an integral part of socio-cultural life. Yams bring flexibility to the annual cycle of food availability in the many areas where they are cultivated owing to the multiplicity of species, cultivars, broad agroecolo-

gical adaptation, different maturity ranges, as well as options for storage and utilisation. In addition, annual or perennial wild and semi domesticated species in the genus continue to serve as important reservoirs of food in West and Central Africa during periods of food shortage and can contribute to genetic improvement of the cultigens. Energy production from yams are estimated at an average of 182 mega joules per hectare per day compared to 121, 152, 151, and 159 for cassava, sweet potato, rice, and maize, respectively. However, yam costs per unit of energy are higher than those of cassava and maize due to its higher cost of production. The resultant high prices put yam tubers out of the reach of many prospective consumers for significant portions of each year in spite of the high preference for yam as a food in West Africa» (Asiedu et al. 1996).

CGIAR (1996) found that total root and tuber crop consumption increased for developing countries (1980-92) while per capita consumption declined over the same period except for yam (+ 5.5%) and potato (+ 0.9%), but was even more for yam when considered regionally for Africa (potato and cassava + 0.32% and yam + 8.5%).

The first report of yam selection was among plants derived from crosses of *Dioscorea batatas* x *D. opposita* (having globular tubers) around 1901 (cited in DEGRAS, 1993). Since then, many workers have been engaged in the evaluation of parent genotypes from both traditional clones in cultivation as well as from the wild or those arising from open crosses in farm and research fields. Activities have, however, been concentrated on:

- germplasm collection and evaluation
- crossing of parent clones selected on the basis of some traits measured during the evaluation process
- multiplication of the tubers produced by the hybrid
- multiple assessments of the hybrid plants in the field, greenhouse and in vitro in the laboratory

The major trend in the selection work in many cases is that the work is not fully supported by a full complement of scientists in the various disciplines relevant to the research constraints usually encountered.

From one season to the other during the selection cycle, tubers must be stored in fresh form as the propagule is the tuber. The storage systems for the tubers are not optimal, and losses are incurred. Thus, elite clones may be lost and the selection process aborts.

There are two types of selection that can be identified among yam researchers. The first is the selection work among plant breeders and germplasm conservation units. The second type of selection commonly observed is the selection of several clones or genotypes under various environmental conditions with varying: soils, fertilizer applications, and other cultural practices. This second set of selections are

called clonal selections. Many agronomic trials have this type of selection where the sample of genotypes have been obtained from market, research institutes, and even in some cases breeding materials.

In this paper, we review the progress made in different areas of research relating to the genetic selection of yams and suggest what still needs to be done towards obtaining the yam of the future.

## Focusing on some species in yam selection work

Yam is not one single species. There are 600 species in the genus *Dioscorea*, but only eleven are principal food sources in the tropics, of which only four species are widespread: *D. rotundata*, *D. cayenensis*, *D. alata*, *D. dumetorum* are the dominant species in West and Central Africa, some of these as well as *D. trifida* occur in tropical Americas and the Caribbean Islands; *D. alata*, *D. esculenta* (lesser yam) and also *D. nummularia*, *D. pentaphylla*, and *D. hispida* occur in SE Asia and *D. bulbifera* that is pan-tropical though rarely intensely cultivated. *D. opposita* occurs in the subtropics and temperate lands.

Due to this large number of species, some data have been obtained on each species. Each country just selects its own food yam species using the available accessions that can be collected and introduced. Past efforts on each of the principal species exist in one country or the other but there is no way to have hold on the information to allow new starters gain from past work by assembling the best from each of the selection efforts. For example, MARTIN *et al.* (1975) after an 8-year numerical taxonomic study of a world collection of 300 *D. alata* accessions based on 100 characteristics in the field, at harvest, in the laboratory and in the kitchen, selected six superior clones: Florido, Smooth Statia, Forastero, Veenen, Gemelos and Leone Globe. In IITA *D. alata* selection work, Forastero (TDa 291) has been used as a male parent in crosses with other accessions to produce progenies (AKORODA, 1995).

These elite clones should be the first group of clones to be acquired if a new start of local and exotic selection of *D. alata* is envisaged. Globally, *D. alata* is second to *D. rotundata* in terms of value of the crop produced. Consequently, more research should be concentrated on these two species so as to make greater advances in research on all aspects of their science that would eventually ease the constraints that block the rate of progress in selection.

After an IITA survey on the distribution of *Dioscorea* species, cultivars, and production practices in West and Central Africa, Nigeria, Benin, Togo, and Ghana,

the major observations made by Wanyera and Asiedu (1997) were that:

- *Dioscorea rotundata* - the most important species of Dioscorea in the countries surveyed and a major crop in the Guinea savanna and the forest/savanna transition agroecologies. Over the survey area most of the Dioscorea species encountered were *D. rotundata* (80%) followed by *D. alata* (15.7%), *D. cayenensis* (1.2%), *D. dumetorum* (2.5%), and *D. bulbifera* (0.8%);
- no improved varieties from any agricultural institution were found under cultivation by farmers. However, farmers are receptive to new varieties, whether these are traditional varieties from other areas or otherwise;
- a wide range of yam cultivars/landraces exist in the yam belt both for *D. rotundata*, *D. alata*, and *D. cayenensis* many of which are well adapted to the regions where they grow and are well accepted. *D. rotundata* appears to have the broadest diversity of cultivars as reflected in the large number of names given to the cultivars grown in different regions and the various ways in which yams are used;
- farmers' criteria for selection of varieties involves a complex interaction of agronomic, consumer preference, socioeconomic and changing market considerations;
- systematically collected information of farmers' knowledge of crops is useful to breeding;
- methods to secure farmers' participation in the evaluation of promising materials from formal breeding programs should be explored. In this way breeders can adapt the criteria farmers use in varietal selection to reflect fully the requirements of farmers.

## Reproductive biology and crossing schemes

The creation of better hybrids from parental clones with superior characteristics have always been the thrust of the crossing program of IITA yam improvement. Clones with good reproductive behaviour (flowering, fruit and seed set) as well as good yield of well shaped tubers with excellent culinary quality characteristics are sought. Flowering at certain locations has been found to be more intense and such locations can now be used as seed production sites. Research on the crossing of the clones has continued and even more seeds are being generated for use in seedling nurseries. However, for selection to be directional, crossing should be controlled to ensure that clones with the desired traits for generating desired hybrids are combined. Such selected clones should also flower and their flowering should synchronize (occur over the same period) so as to encourage

natural crossing as well as hand pollination. Thus, the enhancement of flowering regularity and intensity as well as the synchrony of male and female flower opening are two important aspects for research which need more attention.

A proposal was made by Hamon et al. (1992) to establish in situ perennial conservation areas where wild and cultivated yams could coexist naturally in the hope of encouraging sexual crossings that would produce hybrid seeds from wide-crosses that could be useful in yam improvement. While the details of the proposal are to be defined, it should be noted that the pace of selection and genetic advance would be somewhat slow, except such isolation plots assemble parent clones and species that are targeted to producing seeds to meet specified progenies. Besides, the risks of pilfering, bush fires, damage by wildlife could increase the unpredictability of the selection process.

Staggered planting of plants of different sexes as well as some manipulation of the agronomy of the crossing parents can positively influence seeds set (Akroda 1985). Nair et al. (1990) found stigma receptivity of *D. alata* was highest at around 1300-1400 hours and particularly in the first two days in a 12-day period, resulting in a high seed set and germination.

## Genetics of major traits

Among the major food yams, genetic studies are few. IITA (1974) reported that the  $h^2$  of fresh tuber yield was 0.54 and lower (0.27) for seedlings arising from mixed seeds of the variety Boki. Other estimates of heritability based on selected clones are shown in table I.

## Selection scheme in breeding programs

The scheme for selection should be determined by the breeder with the other workers in the team. Because of the many traits to be measured and observed in the saved genotypes during selection, as well as the amount of propagules available for use in executing the various plantings and tests, it is likely that the schedule of selection, the selection pressure applied at each stage of selection from seedlings until the release of acceptable genotype(s) are provisional. Incidental losses of genotypes may cause a change of plans and modification of the initially set levels of activity. Table II shows various desirable characteristics for breeding for staked plants. There is need to

ensure that the essential characteristics desired by growers, transporters and marketers (storage) and consumers are added to the list of variables, such as:

- need for less staking, i.e., good yields with little or no staking, consequently, the dwarfing of the stem and/or branching system so as to avoid staking requirements is a worthy line of selection to pursue;
- storage performance of the tuber in the common storage facilities in the area to which the genotype would be released.; 3 food quality depending on local preference (mealiness of cooked samples or the texture of the paste after it has been pounded in a wooden mortar).

## Field

Field trials are established using tuber sets or small whole tubers of varying weights. The number of such tubers and their size and uniformity in health and weight must be controlled if reliable estimates of genotypic differences are to be obtained. Trial sites should also be selected to have significantly different agroecological conditions. This is the reason for an ideal yam with above ground tubers that could have

comparable structure and health status which would be excellent planting materials.

The evaluation of genotypes under varying environmental conditions is essential prior to their eventual release to farmers. Such assessments provide the nature and extent of genotype x environment interactions of the set of clone of selected genotypes and the predictability of yields under different set of environmental conditions. Few researcher institutes are sufficiently funded to undertake this type of work, except perhaps a few large institutes. Such multilocal trials study a set (fixed, random, or mixed) of genotypes planted for 2-3 years or seasons at several locations in 3-4 replications each with 30-40 plants per clone. One or more estimates of stability are then used to consider which clone is more stable with high yields. Table III provides general situation for use in selection.

Plot sizes vary, although some workers plant 12-plant rows per replication but harvest the inner 10 plants. If four replications are planted, then about 40 plants per genotype would be required. LAKSHMI and GADEWAR (1989) found that plot size was optimum at 10 plants for *D. esculenta*, 8 plants for *D. alata*,

**Table I.** Heritability or repeatability estimates of selected traits in food yams.

	<i>Dioscorea rotundata</i>		<i>D. cayenensis</i>
	seedlings	clones	clones
Fresh tuber yield (t/ha)	0.210	0.743	0.543
Time to vine emergence (days)	0.106	0.220	0.237
Number of tubers per hill	0.000	0.056	0.585
Leaf size (score)	0.024	0.305	-
Leaf virus infection (score)	0.000	0.382	0.648
Plant leafiness (score)	0.088	0.260	0.628
Shoot height (on 2.5m stakes)	0.000	0.217	0.222
Vine dry weight (g)	0.254	0.555	0.276

Source: AKORODA (1993)

**Table II.** Breeding and selection objectives for different parts of the yam plant (for staked plants).

Part of plant	Desired characteristics for breeding
Whole plant	Early sprouting (to use field resources for longer time) High sink capacity (for acquiring greater part of the total output of photosynthates) High source potential (for longer and more efficient carbon assimilation)
Shoot	Small; fewer large, long major vines; bunchy with short, stiff stems Narrow leaves that last longer, resistant to foliar diseases Pubescence as a possible trait of pest tolerance should be investigated
Feeder roots	Early forming Long lasting to supply nutrients for prolonged plant action
Tuber	Regular shape, with relatively thick periderm (peel) to withstand injury Higher yields, containing more starch and protein Efficient and prolonged tuber bulking
Flowering	Regular, at intense and sustained levels leading to high fruit set and viable seed production

Source: Adapted from AKORODA (1993)

and 12 plants for *D. rotundata*. Apte *et al.* (1994) assessed five clones of lesser yam collected from different parts of India for three years (1990-92) planted at 90 x 90 cm in four replications of a randomized complete block design on lateritic soil (pH 6.4), fertilized with 80:60:80 NPK kg/ha. The results show that KKV-De 1 is most promising based on high yield, number of tubers, a significant linear component and a non-significant non-linear component of interaction according to Eberhart and Russell (1966). The four common variables measured in field trials of yam are as in table IV.

IITA has recently collected accessions of yams from farmers and evaluated selected landraces and yield of *D. rotundata* at four sites: Ibadan (forest/savanna transition zone), Zaria (northern Guinea savanna), Abuja and Mokwa (southern Guinea savanna). One trial had 12 entries common to all sites, and the other trial had 15 entries common and 9 additional entries at Ibadan. The 1996 data show differential responses to: yam nematode *Scutellonema bradys*, root knot nematode (*Meloidogyne* spp.), virus symptoms, leaf blight, leaf spot, and mealybug. Tuber yields were 13-36 t/ha in the 12-clone trial, and 4-23 t/ha in the 24-clone trial. The special characteristics of these landraces in

selection include: culinary quality accounting for high market value, early maturity, multiple tuberizing, and high tuber yield.

## Laboratory

Use of laboratory selection is often more reliable where more control of more variables is possible. DANTRE and NANDA (1993) tested 16 entries of *D. alata* and *D. bulbifera* in the field and scored them on a four-point scale of: 0 = no leaf spot or dieback symptoms (immune); 1 = presence of only leaf spot, no blighting, defoliation or dieback (resistant); 2 = 25 % leaf blight with defoliation and no dieback of shoots (moderately resistant); 3 = 25-30 % leaf blight with defoliation and no dieback (susceptible); and 4 = pronounced blighting with defoliation, severe stunting and dieback of shoots with or without death of plant (highly susceptible). On the other hand, MOURA-COSTA *et al.* (1993) assessed microplants of yam species in vitro and found that they showed similar range of disease reactions to the pathogen to those produced by greenhouse-grown plants. HERNANDEZ *et al.* (1993) evaluated the reaction of 12 genotypes to *Xanthomonas* sp. using isolate basal,

**Table III.** Generalized scheme for yam breeding showing the selection variables commonly adopted.

Activity	Crop seasons	Seeds or clones	Plants per clone	Replications	Field sites
Assemble germplasm	1-2	> 100	> 10	1-2	1-2
Evaluate germplasm and select cross parents	1-2	> 100	> 10	1-2	1-2
Hybridization of parents	1- 2	> 10 000	-	-	1-3
Sibling seedling nursery	1	> 5000	-	1	1-3
Clonal evaluation	1	> 1000	1-9	1-3	1-3
Preliminary clonal trials*	1-2	200-500	6-15	1-3	1-3
Advanced clonal trials*	1- 2	50 -100	> 40	3-4	1-5
Uniform clonal trials*	2-3	15-25	> 40	> 4	3-8
On-farm clonal trials	2-3	5-10	> 40	1	> 100

Source: AKORODA (1993)

\*Variety testing on-station

**Table IV.** Stability of tuber yield of lesser yam in Trivandrum, India (1990-1992).

<i>Dioscorea esculenta</i> genotypes	Tuber yield/plant (g)	No. of tubers/plant	Mean tuber weight (g)	Tuber yield (t/ha)	Stability parameter	
					bi	S <sup>2</sup> d
Chaparia 15.662**	555	10.15	60.13	6.86	0.166	
Sree Latha	1185	12.72	86.03	14.63	1.355*	- 0.210
De 53	988	13.26	81.44	12.19	1.186*	1.497
De 55	1213	8.13	154.01	14.98	0.814	11.600**
KKV-De 1	1694	14.54	112.86	20.91	1.179*	1.444
S.E. +	79	0.838	7.715	-		
CD (5%)	257	2.582	23.774	-		

Source: APTE *et al.* (1994)

\*, \*\* are significant at 5% and 1%, respectively

intermediate and apical leaves scored on a 0-5 scale where: 0 = resistant (without symptoms), and 5 = very susceptible. Knife-wound and intermediate leaf inoculation was the best method for screening the genotypes. These studies imply that more reliable screening of candidate genotypes is possible in the laboratory where inoculum can be controlled than in the field. In the laboratory, all genotypes in a trial can be expected to be equally infected and treated alike.

## Greenhouse

The use of soil in pots and regular watering in the greenhouse allow certain aspects of genotypic selection to proceed without recourse to field planting. It is desirable to ensure in such cases that the results in the greenhouse correlate with those in the field where farmers would eventually cultivate the same varieties when released.

A clear set of selection characteristics should be as close to what farmers would usually use. In *D. rotundata*, these are few, and include: tuber yield even on soils of medium-low fertility, crop duration (early, medium or late maturing), and consumer quality when used in local food preparations.

In selecting *D. alata* landraces, good level of anthracnose resistance is important, as well as early maturity, high culinary quality, excellent tuber shape, and high yield.

## Breeding for resistance to biotic and abiotic stresses

The major biotic stresses of yams are nematodes, fungal, viral and bacterial leaf diseases, and beetles in the field, barn or store. The literature on these is small, restricted to some mention of differential scores of clones observed in field trials under uncontrolled levels of the stress. Field assessment of a set of clones at the very last stages of yield selection does not afford adequate opportunity for advancing the resistance of breeding lines to these stresses.

Abiotic stresses of importance in yam breeding work are: moisture conditions (drought), soil fertility status, soil penetrance (requiring mounds, heaps or ridges), etc. Little has been done in these areas to enable the development of selection protocols.

## Selection efficiency

The related factors of dwarfing and no-staking of yam vines towards reducing the cost of producing

yam requires more attention. In choosing parent clones for hybridization, OKOLI (1981) suggested the use of clones with smaller differences in yield between staked and unstaked plants. More emphasis should be given to selecting for good yields under non-staking conditions. OKOLI (1981) found 21% higher yields due to staking (10.7 t/ha) at Umudike in 1978 for five top clones (Nwapoko, Obiaoturugo, Ekpe, Okwuocha, and Abi) Progress is more likely where the sett used in trials are fixed at about 200 g, of similar physiological and health conditions, so as to minimize the masking effects of sett size on tuber yields.

The trend towards consumer acceptance of smaller tubers is becoming more and more positive. Most tubers on sale are medium although a high preference for size of tubers remains (AKORODA and HAHN 1995). WILSON and VICTOR (1980) reported that the relationship of some seedling characters with subsequent vegetative (clonal) progenies are strongly influenced by seedling tuber size; but this is not so for leaf number, leaf size, stem color, leaf spot score and tuber shape. Thus, these five traits can be reliably selected for in the seedling generation. In the second clonal generation, all other traits except tuber weight and emergence date can be selected. In the third clonal generation, all characters can be selected for. Consequently, the mechanics of actual selection account for the long period in selection. As NAIR *et al.* (1987) experienced, the multiplication of tubers to permit trials is a drag on the speed of selection in yams.

The standard breeding and selection procedure at IITA has been outlined in AKORODA (1995). Ordinarily, the seed to elite clone selection period would take 8-15 years, but would be 3-8 years if the selection process begins with a set of carefully chosen clones introduced/collected from other programs. NAIR *et al.* (1987) released two varieties of white yam for farmer cultivation after 10-11 years (1976-1986). One very important factor affecting the efficiency of selection is the number of sites, and the number of clones and the reliability of measurement procedures used for all the traits on which the selection is based. Tuber shape is not very important among farmers working on a set of already selected subset of fairly well shaped tubers.

## Staking and dwarf genotypes in yam selection

The removal or reduction of staking in yams has been a major desire in yam improvement. With the identification of a dwarf male clone of *D. rotundata*

which requires no staking, and flowers regularly (ABRAHAM 1989), it should now be possible to use that clone to commence a line of genotypes of stakeless white yams. It can be used to introduce dwarfing into other productive genotypes of *D. rotundata*. Nair et al. (1992) found that the dwarf plants from a cross of Sree Subhara and Sree Priya had spineless vines 20-50 cm long with 3-8 primary branches with varied number of secondary and tertiary branches; with tuber yields of 250-1750 g/plant in the vegetative progeny. The semi-dwarfs had shoots heights of 60-75 cm with more branches and foliage at the base of the plants and yielded 250-2500 g/plant. The dwarfs had uniform tubers with excellent cooking quality. In the major yam-eating areas of West Africa, tubers of 1750 g are small, command low prices but are used everywhere. Thus, the regular flowering habit would enable its use in the genetic improvement of white yam genotypes especially for the transitional savanna areas where yams still need some staking to obtain high yields.

## Sequential and concurrent selection schemes

The difficulty of obtaining enough planting materials for the many clones with which a breeder works complicates the task of selection. Farmers keep or reject a genotype based on a set of variables including culinary quality and yield. The aspects of diseases and pests which preoccupies the breeder are not of major concern to farmers as many of them do not even understand the symptoms associated with the different diseases and the damages done by most pests. Tuber yield as a resultant of all productive factors is considered at the annual harvest period which varies with location. Farmers consider a variety simultaneously on all relevant and important traits. In on-station selection work, the various aspects of selection are handled by different specialists. Thus, there is the need for an integration of their different assessments of the candidate clones before selection is concluded. A definite study of which method (sequential or concurrent) of selection to use in yam is needed also. The issue of cost of assays may determine the way to go.

## Sett multiplication and storage in selection work

Each botanical seed of yam usually produces a single tuber. This unit must be multiplied to permit

the layout of replicated field tests where effective plots require close to 40 plants. Except a viable program of sett multiplication is in place it would be difficult to conduct the various stages of selection adequately. Use of small tubers from production plots for establishing new plots seems to be a risky method. THOUVENEL and DUMONT (1990) showed that small tubers of Florido variety of *D. alata* had higher virus disease incidence based on ELISA techniques.

The resulting tubers at the end of every selection stage must be well stored till the next stage of selection if there is to be any progressive advance in selection. Rots of tubers in storage is also a major hindrance to the planned schedule of trials; especially when grossly unequal and/or inadequate numbers of tubers of varying health status are to be used in the screening of genotypes in field trials.

## Collaborative selection activities of NARS and IITA

Since the inception of the yam improvement work at IITA, the need for links with other national agricultural research programs interested in the genetic improvement of yams has been maintained. In all, the requests and introduction of various germplasm from IITA by other African countries now spans selection activities in: Benin (Ina, Guinirou, Tchétou), Botswana (Sebele), Burkina Faso (Bobo Dioulasso, Fada, Leo), Cameroon (Mbalmayo, Ekona), Central African Republic (Bambari, Boukoko, Bouar), Chad (Moundou, Sarh), Côte d'Ivoire (Bouaké), Gambia (Yundum), Ghana (Fumesua, Wenchi, Nyankpala, Legon), Guinea (Kankan), Malawi (Bvumbwe, Mzuzu), Mayotte (Mamoudzou), Niger (Lossa, Bengou), Nigeria (Umu-dike, Igbariam, Otobi, Ubiaja, Mokwa), Sierra Leone (Freetown), Tanzania (Mwanza), Togo (Sotouboua, Lome), Uganda (Namulonge), Zambia (Mansa, Solwezi), and Zanzibar (Kizimbani). In most of these places, the selection work is mainly on field evaluation of local and exotic germplasm as well as the multiplication of selected genotypes besides the maintenance of the germplasm.

IITA in 1996, delivered 3689 certified in vitro plantlets to NARS collaborators in nine countries; while 5500 (of the 6989 minitubers harvested from the 1995 planting of plantlets in a greenhouse) were distributed to seven countries (table V).



**Table V.** Distribution of genetic stock by IITA for use in selection work in NARS in 1996.

Country	Plantlets	Minitubers (no. of setts)	Botanical seeds of <i>D. rotundata</i>
Angola	108	.	.
Benin	.	1200	+++
Burkina Faso	150	.	.
Central Africa Republic	755	400	.
Chad	.	150	.
Gabon	.	500	.
Ghana	67	.	.
Guinea	120	400	.
Kenya	72	.	.
Mayotte	244	.	.
Niger	.	150	.
Togo	64	2700	+++
Uganda	2109	.	+++
	Total	3689	5500

Source: ASIEDU *et al.* (1996).

## Sourcing seeds and plantlets of elite clones for selection work

Many national programs can no longer sustain crossing programs. Isolation plots including selected parents that flower regularly are closely planted and the resulting open-pollinated seeds are screened through clonal evaluations. This is cheap but not as directional and precise as it should be. Repeated cycles of germplasm evaluation, starting from seeds through seedlings to clonal tubers is the best approach. However, *in vitro* plantlets of selected clones can be introduced and used as starting materials in a clonal selection scheme. It is assumed that there is an institution/agency that will engage in the crossing and evaluation of hybrids and provide other researchers with a descriptor for the elite genotypes from which they could then make requests for selected clones that meet their desired characteristics. IITA has played such a role since 1972 till date (AKORODA 1995). In 1996, a total of 32 *D. rotundata* genotypes at IITA, Ibadan, Nigeria were certified by the Nigerian Plant Quarantine Service for international distribution to NARS on request.

## Genetic resources for initiating breeding and selection

The collection of yams at IITA has grown to about 2800 in 1997 (Q. NG, 1996 personal communication), covering wild and cultivated species (NG and NG 1994). These accessions have been agro-

botanically characterized using the IBPGR descriptors across locations and years and have been put in data bases to enable their better utilization in yam improvement work. Recently, successful storage of seeds and pollen of *Dioscorea* species at low temperatures as well as cryo-preservation has been undertaken (DANIEL and NG 1997, personal communication). Across the various institutions holding accessions of yams worldwide, IBPGR (1986) put the number at about 8300. In Fiji, 90 varieties of *D. alata* were evaluated for earliness, lateness, tuber yield, storage potential and acceptability in three rainfall zones (SIVAN 1990). MARTIN and DELPIN (1979) also selected 85 cultivars of *D. esculenta* based on 54 morphological, physiological, agronomic and culinary characteristics and selected six that were high yielding, disease and pest tolerant and excellent in kitchen and at table. Yam researchers, agree there is great diversity but the mechanisms now in place for the effective use in breeding and selection are not yet adequate.

A point of note is the trend of declining genetic biodiversity among various food yam species in Cameroon (*D. cayenensis-rotundata*, *D. dumetorum*, and *D. alata* under intense selection pressures to obtain commercial genotypes (DUMONT *et al.*, 1994).

The controversy of the relationship between *D. cayenensis* and *D. rotundata* has been differently viewed on the bases of studies of cells (biotechnological studies), tissues, whole plants, and even systems level in the cultivation and use of the crop(s) (MARTIN and RHODES 1978; AKORODA and CHHEDA 1983; TERAUCHI *et al.*, 1992; Wanyera 1997, personal communication). For the purposes of enabling the systematic hybridization and exploitation of their germplasm resources, it is necessary to consider how



viable pollens and receptive stigmas can be manipulated to get viable seeds which produce seedlings and plants which express hybrid vigor for important traits. It has been reported (Lebot 1992) that the genetic variation indicated by isozyme analysis was narrower than the morphological and chemical variation for over 2000 cultivars of seven food crop species including yams in the Oceania. However, no correlations were found between zymotypes, chemotypes, and morphotypes; and cultivars exhibited variation in qualitative traits as a result of human selection of somatic mutations. Accumulation of viral particles in propagules and the build up of pest and pathogens were often responsible for poor agronomic performance. This implies that the basis for classifying crop cultivars would have to be decided on the basis of one or more levels of organization, because the groupings created varies with the level at which the variation among taxonomic units are examined—whether at cell, tissue, organ, whole plant or system level of organization.

## Biotechnology for assisting yam improvement

The use of plant tissue as basis for testing reactions of genotypes to various constraints have become routine in some plant species but is only just beginning in yams.

At IITA, yam tissue culture work has been able to conserve, transfer germplasm transnationally as well as produce large numbers of uniform plants to enable better screening of genotypes to various stresses in the green house (e.g., nematodes). Biotechnological activities towards assisting the better conduct of breeding and selection using the wide diversity of collections of the major yam species have been on for about five years. In 1995-97, IITA work on yam molecular mapping (Mignouna et al. 1997) comprised:

- phylogeny studies in which morphological and isozymic characterizations, and random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis for polymorphism were conducted on 70 accessions of 13 species of wild and cultivated yams.
- genetic diversity of *D. rotundata* and *D. cayenensis* (over 400 accessions) was studied towards defining heterotic groups which will be useful for germplasm management and breeding purposes. RAPD and amplified fragment length polymorphism (AFLP) assays have been used for fingerprinting of 20 varietal groups among the 32 groups described in West and Central Africa germplasm. These methods were also used to determine the intra-varietal DNA polymorphism in 15 accessions which were classified in one varietal group, although they originated from Nigeria,

Benin, Togo, Ghana, Côte d'Ivoire, Burkina Faso and Guinea (hence the multiplicity of local names). This suggests a varietal group is a mixture of different genotypes, and that farmers group or differentiate them based on tuber organoleptic quality and gross tuber morphology;

- development of mapping populations. Efforts are on going to provide F1 plants from suitable crosses in *D. rotundata* and *D. alata*;

- survey of parental lines of *D. rotundata* for DNA polymorphism in two lines using over 400 random primers showed 60 were polymorphic (15%). This level of polymorphism is lower than expected for a dioecious crop, but AFLP technique revealed more polymorphic DNA fragments (15 out of 44 amplified fragments = 34%). This shows AFLP could be more appropriate for generating a genomic linkage map in yams.

## Visions of the ideal yam

The history of yam research so far has been quite positive, despite the many, dispersed research activities undertaken across the tropical and subtropical areas of the world where yams grow.

The ideal yam should be:

- bulbiferous (above ground tubers) that would provide plantable whole seed yam tubers that are clean from infestations by nematodes, remove difficulty of harvesting, assure better storage of the tubers due to firm cover by hard peel, and ease transport with a minimum of injury—in this regard, *D. sansibarensis* can be exploited, though toxic;
- bushy non-staking ornamental type shoot structure to avoid the use of stakes across most ecologies where yam is cultivated. Presently, yams are not staked in the drier savannas;
- tuber shapes that will permit mechanical harvest of the crop at maturity is desirable (AIYELARI and AKORODA 1996), if the manual drudgery associated with the harvest is to be reduced;
- tuber quality is already quite acceptable for many of the elite varieties, but could be improved for less browning of tubers when cut or during drying to make chips for flour. The increase in protein is desirable but not an essential requirement for a principally starchy food crop;
- high levels of tuber dormancy is desirable to minimize the problems of storage losses which increase soon after dormancy breaks and starch is converted into sugar. The high demand for dormancy must be such that there are ways for both farmers and researchers to stop dormancy and allow the tubers to sprout at the time of planting. Trials involving various gases (acetylene, ethylene) to arrest or break dormancy will permit the control of dormancy.

## The last word

There has been massive progress in different areas of yam research, such as knowledge on flowering, seedling care, clonal trials, hybridization of various flowering genotypes, assessment of clones in the laboratory, greenhouse and in the field. These information have to be combined into a full-fledged program that can produce superior varieties to farmers in the different areas where yam is an important crop. IITA, Ibadan, Nigeria has been able to sustain its efforts, just as is the case of CTCRI in Trivandrum, India. Other areas where efforts to combine the various skills on yam selection related science are the Caribbean and perhaps the New Caledonian. However, it must be understood that many yam selection activities are based on the agronomic evaluation of a collection of collected or introduced clones across locations for eventual identification of the most performant clone for farmer use. The difficulties experienced in implementing the yam improvement by genetic creating and selection of genotypes is well summarized by a breeding team at the end of a first cycle of genetic selection (1976-1986) that: «Breeding in yams is a time consuming process because of the vegetative propagation and the low multiplication ratio. Thus, it had taken five years for getting sufficient planting material to have a preliminary evaluation trial for tuber yield. The advanced yield trials showed that except during the year 1982, the tuber yield of the selections were all equally superior. In the multilocal trials, there was no significant differences in the tuber yield of the clones during any of the years or at any of the locations. Hence it was on the taste, flavour, and cooking qualities of tubers that I-146 and U-195(2) were adjudged as the best» (Nair et al. 1987). It is obvious that without sustained funding of the selection activities, it would have stalled and halted with no release of any superior genotype. The situation in many NARS has been one of initiating a yam selection process with funding of a short-term project only to stop at the end of the project without the expected outcome. Yam selection should not be sporadic, but should be sustained as was the case for CTCRI Trivandrum, if it is to generate superior varieties. The experience of worldwide efforts to breed and select yam is too scattered to help new initiatives. Data bases on CD-ROM and other electronic media should be made to contain major techniques and information on yams.

Because costs and funds play great roles in determining and shaping the scope and scale of selection work, yam selection has suffered more than many other crops. Yam as a crop has a longer growth period than the more common cereals and pulse crops as well as many leaf and fruit vegetables. Its difficult sexual reproduction has also complicated mat-

ters for breeding and selection. Consequently, the challenge before yam improvement require a long and steady plan for financing and supplying personnel for the different disciplines needed to implement a balanced program of testing and trials in field, laboratory, greenhouse and on-farm.

## References

- ABRAHAM K., NAIR S.G., SREEKUMARI M.T., 1989. White yam, *Dioscorea rotundata* Poir., dwarf type. Trop. Agric. (Trinidad), 66: 184-186.
- AIYELARI E.A., AKORODA M.O., 1996. Determination of some yam tuber properties relevant to the design of mechanical harvesters. African Journal of Root and Tuber Crops, 1(2): 23-26.
- AKORODA M.O. (compiler), 1995. Yam research at IITA: 1971-1993. IITA, Ibadan, Nigeria: 38 p.
- AKORODA M.O., 1985. Sexual seed production in white yam. Seed Science and Technology, 13:571-581.
- AKORODA M.O., 1993. Yam (*Dioscorea* spp.). Pages 717-733 in Genetic improvement of vegetable crops, edited by Kalloo G. and Bergh B.O. Pergamon Press, Oxford, UK.
- AKORODA M.O., CHHEDA H.R. 1983. Agro-botanical and species relationships of Guinea yams. Tropical Agric. (Trinidad) 60(4): 242-248.
- AKORODA M.O., HAHN S.K. 1995. Yams in Nigeria: status and trends. African Journal of Root and Tuber Crops 1(1): 38-41.
- APTE U.B., KARNIK A.R., PATIL V.H. 1994. G x E interactions in cassava and lesser yam. J. Root Crops 20 (1): 55-56.
- ASIEDU R., BAKER D., BOKANGA M., FLORINI D.A., GAUHL C., F., GREEN K., HUGHES J. d'A., MANYONG M., NG Q., NG S.Y.C., NWEKE F., QUIN F.M., SPEIJER P.R., TIAN G., VERNIER P., WANYERA N. 1996. IITA Project 13: Improvement of yam based systems. Annual Report for 1996. IITA, Ibadan, Nigeria.
- CGIAR, 1996. The CG research agenda: facing the poverty challenge. Report on the inter-center review of root and tuber crops research in the CGIAR. May 1996. Jakarta, Indonesia, 66 p.
- DANTRE R.K., NANDA H.C. 1993. Evaluation of *Dioscorea* genotypes for anthracnose disease. J. Root Crops 19(1): 69-70.
- DEGRAS L., 1993. The yam: a tropical root crop. Macmillan, London, UK, 408 p.

- DUMONT R., HAMON P., SEIGNOBOS C., 1994. L'igname au Cameroun (Yams in Cameroon). CIRAD, Montpellier France, 80 p.
- Eberhart S.A. and Russell W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- FAO, 1994. Production Yearbook for 1994. FAO, Rome, Italy.
- HAMON P., ZOUNDJIHEKPON J., DUMONT R., TIO-TOURE B., 1992. La domestication de l'igname (*Dioscorea* sp.): conséquences pour la conservation des ressources génétiques. In *Complexes d'espèces, ressources génétiques*, Paris, France, p. 176-184.
- HERNANDEZ Y., TRUJILLO G.E., LUCIANI J.F., 1993. Metodología de inoculación para la evaluación de genotipos de *Dioscorea trifida* L. a *Xanthomonas* sp. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central, Venezuela* 19(1): 75-86.
- IBPGR, 1986. Directory of germplasm collections Root and tuber crops. Edited by Lawrence T., Toll J. and van Sloten D.H. IBPGR, Rome, Italy.
- LAKSHMI K.R., GADEWAR A.U., 1989. Optimum plot size for field trials with yams. *J. Root Crops* 15 (1): 25-27.
- LEBOT V., 1992. Genetic vulnerability of Oceania's traditional crops. *Expl Agric.* 28(3): 309-323.
- MARTIN F.W., DELPIN H., 1979. Selected varieties of *Dioscorea esculenta*, a yam for the hot humid tropics. *J. Agric Univ. Puerto Rico (USA)* 63(2): 236-249.
- MARTIN F.W., RHODES A.M., 1978. The relationship of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*. *Tropical Agric. (Trinidad)* 55(3): 193-206.
- MARTIN F.W., CABANILLAS E., GUADALUPE R., 1975. Selected varieties of *Dioscorea alata* L. the Asian greater yam. *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 69(3): 165-181.
- MIGNOUNA H.D., ASIEDU R., NG Q., M. KNOX, ELLIS T.H.N., 1997. Yam molecular mapping: Application of molecular genetics to assist breeding of yams (*Dioscorea rotundata* and *D. alata*). IITA, Ibadan, Nigeria.
- MOURA-COSTA P.H., KANDASAMY K.I., MANTELL S.H., 1993. Evaluation of *in vitro* screening methods for assessing anthracnose disease reactions in tropical yams (*Dioscorea* spp.). *Trop. Agric. (Trinidad)* 70: 147-152.
- NAIR S.G., ABRAHAM K., NAYAR G.G., 1987. Two high yielding selections of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). *J. Root Crops* 13(2): 103-109.
- NAIR S.G., ABRAHAM K., UNNIKRISHNAN M., SREEKUMARI M.T., 1992. Dwarfing and its potential in the improvement of white yam. *J. Root Crops* 18(2): 136-138.
- NAIR S.G., UNNIKRISHNAN M., SREEKUMARI M.T., 1990. Stigma receptivity in *Dioscorea alata* L. *J. Root Crops (ISRC Symposium) Special*: 23-26.
- NG Q, NG S.Y.C., 1994. Approaches to yam germplasm conservation. Pages 135-140 in *Root crops for food security in Africa*, edited by Akoroda M.O. Proc. 5th symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch, (Kampala, Uganda). IITA, Ibadan, Nigeria.
- OKOLI O.O., 1981. Parameters for selecting parents for yam hybridization. Pages 163-165 in *Tropical Root Crops: Research strategies for the 1980s*. Proc. 1st symp. International Society of Tropical Root Crops-Africa Branch, edited by Terry E.R., Oduro K.A. and Caveness F. IDRC 163e, Ottawa, Canada.
- SIVAN P., 1990. Evaluation of local yam (*Dioscorea alata*) varieties in Fiji. *Fiji Agric. J.* 42(2): 7-14.
- TERAUCHI R., CHIKALEKE V.A., THOTAPPILLY G. HAHN S.K., 1992. Origin and phylogeny of Guinea yams as revealed by RFLP analysis of chloroplast DNA and nuclear ribosomal DNA. *Theor. Appl. Genet.* 83: 743
- THOUVENEL J.C., DUMONT R., 1990. Pertes de rendement de l'igname infectée par le virus de la mosaïque en Côte d'Ivoire. *L'Agronomie Tropicale* 45 : 125-129.
- WANYERA N., ASIEDU R., 1997. In *Project 13: Improvement of yam-based production systems (Summary of progress in 1996 and plans for 1997)*. IITA, Ibadan, Nigeri, p. 2-3.
- WILSON J.E., VICTOR L., 1980. Relationships between seedlings and their vegetative progenies in white yam (*Dioscorea rotundata*). In *L'igname. Séminaire international*, Point-à-Pitre. Inra, Paris, France, p. 269-278.



# Domestication des ignames en Afrique

R. DUMONT

CIRAD-CA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

**Résumé** — La domestication recouvre les pratiques permettant de sécuriser et de faciliter l'utilisation vivrière des ignames sauvages. Plusieurs espèces sont gérées dans le milieu naturel ou faiblement modifiées (paraculture et protoculture). L'adaptation à l'agriculture a été obtenue de deux manières. C'est la suppression de la toxicité chez *Dioscorea bulbifera* et *D. dumetorum*. C'est la transformation morphologique du tubercule pour l'espèce *D. cayenensis-rotundata*. La domestication des *D. cayenensis-rotundata* a fait l'objet d'observations récentes au Bénin. Dans ce cas, la domestication est un retour périodique vers la sexualité des parents sauvages pour rétablir la productivité du matériel végétal cultivé. L'opération s'accompagne de techniques culturelles particulières jamais signalées jusqu'à présent.

**Abstract** — **Domestication of Yam in Africa.** Domestication involves practices which can lead to safe and easy use of wild yam germplasm. Several species are being grown in their natural environment or under slightly modified conditions (para-culture and proto-culture). The crop was adapted to agriculture in two ways: by suppressing toxicity in *D. bulbifera* and *D. dumetorum*; by morphologically modifying the tuber of *D. cayenensis-rotundata*. Recent observations undertaken in Benin on the domestication process of this species have shown that periodical return to the sexuality of wild parents restores productivity of the cultivated plant. This is done using specific processes, never observed before.

## Introduction

D'après ALEXANDER (1971), la présence de l'igname dans l'agriculture est attestée de façon écrite dès les III<sup>e</sup> et VI<sup>e</sup> siècles de notre ère, respecti-

vement en Chine méridionale et en Inde. En revanche, ce n'est pas avant le XVI<sup>e</sup> siècle que l'on trouve des informations écrites concernant la culture de l'igname dans les îles Caraïbes et en Afrique. A la lumière de cette situation, BURKILL (1960) et SAUER (1952) suggèrent que toutes les ignames cultivées ont été distribuées dans les régions chaudes du monde à partir d'une origine asiatique. Cette idée semble valable pour *Dioscorea alata* mais elle est difficilement défendable pour d'autres espèces d'ignames. S'agissant de l'Afrique occidentale, COURSEY (1966) indique une domestication partant d'espèces sauvages autochtones et développées, de façon préférentielle, pour l'interface forêt/savane dans la région allant du Bénin à l'est du Nigeria. Dans le cas de l'Afrique centrale, BAHUCHET *et al.* (1991) pensent qu'il y a eu un transfert des ignames sauvages locales vers l'agriculture fortement facilité par la connaissance de ce matériel végétal que les chasseurs-cueilleurs de la région forestière ont pu mettre à la disposition des cultivateurs venus de la savane.

## Les définitions de la domestication

Dans un sens très large, la domestication recouvre les pratiques qui, au-delà de la cueillette, permettent de sécuriser et de faciliter l'utilisation vivrière des ignames sauvages. La démarche a plusieurs degrés dans son application actuelle.

HLADIK *et al.* (1984) indiquent que les pygmées Aka de République centrafricaine remettent en place la tête des tubercules d'ignames extraits dans la forêt. D'après DOUNIAS (1992), les ignames ainsi traitées font l'objet d'une véritable appropriation de la part des collecteurs. Il y a gestion des ignames sauvages dans le milieu naturel de manière à maintenir, voire à augmenter, le stock vivrier. Cette stratégie est qualifiée de paraculture (DOUNIAS, 1995). La production et l'exploitation régulière des ignames apparues spontanément dans les jachères et les cultures pérennes (caféiers, cacaoyers) est une technique relevant plutôt de la protoculture (CHEVALIER, 1936) comme d'ailleurs la gestion des ignames sauvages dans le milieu fortement modifié qu'est l'entourage immédiat de l'habitation. Ces deux formes de protoculture se maintiennent largement en Afrique. Elles permettent de tirer parti du matériel vital rebelle à la domestication ou, en tout cas, d'obtenir une production avec un investissement en travail très faible. Dans sa définition, sans doute la plus récente, la domestication est l'adaptation des ignames sauvages aux contraintes et aux objectifs de l'agriculture. Cette adaptation implique l'orientation des caractères phénotypiques dans un sens plus avantageux pour l'utilisateur du produit. Il y a ennoblement durable du matériel végétal. Dans certains cas, c'est la suppression d'une toxicité naturelle mais le résultat le plus général de la domestication est la transformation profonde des caractéristiques morphologiques du tubercule.

## Les ignames sauvages africaines et la domestication

Les ignames sauvages africaines sont répertoriées dans le tableau I, accompagnées d'informations concernant leur classement botanique, leur fonctionnement biologique (annuel ou au moins pluriannuel), leur comestibilité naturelle et enfin, le type d'exploitation dont elles font l'objet.

On compte treize espèces différentes mais certaines d'entre elles ne sont pas encore bien circonscrites dans le domaine botanique. En particulier, à partir de la région forestière du Cameroun (peut-être même du Nigeria), la section *Enantiophyllum* se complique de taxons encore mal connus (*D. pynaertii*, *D. liebrechtiana*) et, à l'intérieur de cette même section, plusieurs espèces se séparent mal sur la base des caractères morphologiques et enzymatiques (HAMON, 1987). Cette remarque est notamment valable pour les espèces *D. praehensilis* et *D. abyssinica*.

Pour ce qui est du fonctionnement biologique, le cliage entre les espèces est visiblement orienté par la pression écologique. Les ignames pérennes sont assez strictement inféodées à l'écosystème forestier. Beaucoup d'ignames annuelles sont savanicoles (ou liées au milieu anthropisé, en zone forestière). Toutefois, *D. semperflorens* et *D. praehensilis* (*stricto sensu*) sont attachées à la forêt dense.

**Tableau I.** Les ignames sauvages d'origine africaine. Inventaire, fonctionnement biologique, comestibilité pour l'homme et formes d'exploitation à des fins alimentaires.

Espèces	Caractéristiques taxonomiques	Section botanique	Fonctionnement biologique	Comestibilité naturelle	Formes d'exploitation à des fins alimentaires			
					Nulla	Cueillette	Protoculture	Agriculture
<i>D. preussii</i> Pax		Macrocarpaea	A	1	+			
<i>D. sansibarennis</i> Pax		Macroua	P	0	+			
<i>D. bulbifera</i> Linn		Opsophyton	A	0		+	+	+
<i>D. dumetorum</i> Kunth		Lasiophyton	A	0	+	+	+	+
<i>D. quartiniana</i> A. Rich			A	2	+			
<i>D. hirtiflora</i> Benth		Asterotricha	A	2	+			
<i>D. schimperana</i> Hoscht			A	1		+	+	
<i>D. semperflorens</i> Uline			A	1		+	+	
<i>D. mangelotiana</i> J. Miège		Enantiophyllum	P	1		+	+	
<i>D. bulkilliana</i> J. Miège			P	1		+	+	+
<i>D. smilacifolia</i> De Wild			P	1		+	+	
<i>D. minutiflora</i> Engl.			P	1		+		
<i>D. praehensilis</i> Benth			A	1		+	+	+
<i>D. abyssinica</i> Hochst			A	1		+	+	+
<i>D. lecardii</i> De Wild			A	1		+		
<i>D. sagittifolia</i> Engl.			A	1		+		
<i>D. togoensis</i> Knuth			A	0	+			

Fonctionnement biologique :

A : organes aériens et tubercules se renouvelant annuellement

P : tubercule pérenne et organes aériens pérennes, pluriannuels ou annuels

Comestibilité : 0 = toxique, 1 = comestible, 2 = inconnu

Des espèces fortement recherchées par la cueillette n'ont pas été transposées de façon importante sur le plan économique dans l'agriculture. C'est le cas pour *D. semperflorens*, *D. mangelotiana* et *D. praehensilis* (*stricto sensu*) qui, tout au moins en Afrique occidentale, ne semblent pas avoir dépassé l'étape de proto-culture.

Plusieurs espèces sauvages de la section *Enantio-phyllum* ont contribué à fournir les ignames cultivées rassemblées dans le complexe botanique *D. cayenensis-rotundata*, depuis le séminaire de Buéa (Cameroun) qui s'est tenu en 1978. Cette filiation a été établie par les travaux de HAMON (1987) et TERAUCHI (1992) qui, par ailleurs, la divisent en deux courants distincts mais qui restent génétiquement apparentés. L'un vient des espèces sauvages de biologie annuelle. L'autre se rattache, directement ou indirectement, aux espèces sauvages de biologie pluriannuelle.

## Les ignames

### *D. cayenensis-rotundata*

Les *D. cayenensis-rotundata*, dérivant des espèces sauvages annuelles, forment un ensemble distribué de façon continue dans la zone de savane allant de la République centrafricaine à la Guinée. Exception faite pour la Côte d'Ivoire, elles correspondent, pour le moins, à 80 % de la surface cultivée en ignames dans chacun des pays inclus dans ce cadre. La biodiversité du matériel vital est loin d'être entièrement connue, néanmoins quatre idées peuvent déjà être avancées sur le sujet.

Selon HAMON (1987), le matériel vital est issu des espèces sauvages *D. praehensilis* et *D. abyssinica* mais, comme cela a été indiqué précédemment, la limite entre les deux espèces est imprécise. En tout cas, les informations fournies par les agriculteurs de la Guinée orientale jusqu'au Cameroun septentrional montrent que le point de départ de la domestication se trouve chez les ignames savanicoles, ce qui exclut l'espèce *D. praehensilis* si on la limite à sa forme forestière.

Les *D. cayenensis-rotundata* annuelles sont tétraploïdes ( $2n = 40$ ) comme les ignames sauvages dont elles dérivent (HAMON *et al.*, 1992). Le passage des dernières vers les premières est indépendant du phénomène de ploïdisation.

La diversité génétique semble très large parmi les *D. cayenensis-rotundata* annuelles. HAMON (1987) identifie quatorze groupes variétaux en Côte d'Ivoire. KASSAMADA (1992) en trouve vingt-trois au Togo, DANSI (1995) met en évidence quatorze groupes variétaux à l'intérieur d'un échantillon de cinquante-neuf cultivars collectés dans le nord du Bénin. Si l'on

tient compte de la surface de territoire correspondant à chacun de ces inventaires, la diversité du matériel végétal semble augmenter dans la direction de l'Est. On rejoint ainsi COURSEY (1966), qui voit dans le Nigeria la zone où la domestication des ignames a été la plus active.

La diversité génétique des *D. cayenensis-rotundata* annuelles apparaît, dans certains cas, compartimentée dans l'espace. Cette idée est étayée par les travaux de DANSI (1995) montrant l'existence au Bénin de groupes variétaux étrangers à ceux identifiés en Côte d'Ivoire par HAMON (1987). D'autres situations non encore décrites vont dans le même sens. Les groupes variétaux *Morokorou* et *Kokoro* partent du Nigeria et parviennent, au moins jusqu'au Togo, mais ils ne pénètrent pas en Côte d'Ivoire. De façon inverse, le groupe variétal *Krenglé*, très commun à l'ouest du fleuve Volta, ne semble guère atteindre le Bénin. Enfin, la variété *Bakokaé* du Cameroun septentrional ne paraît pas avoir d'alter ego dans l'espace géographique allant du Bénin à la Guinée. Ces exemples pourront, sans doute, être multipliés quand on aura une vue d'ensemble sur les ignames africaines. Ils laissent penser que la domestication s'est opérée sur du matériel végétal différencié de façon allopatrique.

Les *D. cayenensis-rotundata* rattachées aux ignames sauvages de biologie pluriannuelle se séparent en quatre groupes principaux. Cette structuration a été établie, dès 1982, par AKORODA (1982), qui a étudié la diversité de ces ignames sur la base de quarante-neuf caractères phénotypiques. En utilisant les caractères morphologiques et cinq systèmes enzymatiques, HAMON (1987) aboutit à une discrimination identique.

Pour deux des quatre groupes variétaux circonscrits, l'apparement aux ignames sauvages reste inconnu. C'est le couple *Bolgo Nyu* (Burkina Faso) et *Boni Yakpa* (Bénin septentrional) qui est morphologiquement et enzymatiquement semblable. Ce sont, de l'autre côté, les cultivars *Kangba* largement distribués dans l'agriculture en Côte d'Ivoire, au Ghana mais aussi au Cameroun, notamment chez les Bamiléké (CV Shoujing en particulier). Ces ignames sont hexaploïdes (HAMON, 1987).

Dans les deux autres cas, la filiation a pu être établie entre le matériel végétal cultivé et les ignames sauvages. Un cultivar venant de *D. mangelotiana*, tétraploïde (LAUZER *et al.*, 1992), a été observé en Côte d'Ivoire (cv Samancou) (HAMON, 1987) et un autre a été rencontré au Cameroun (cv Jagana) (DUMONT *et al.*, 1994) mais dans les deux situations indiquées, ils restent en marge de l'agriculture. Les ignames rattachées à *D. burkilliana* ont, en revanche, une certaine importance économique. On les trouve en Côte d'Ivoire (cv Yaobadou), au Togo (cv Kagni), au Bénin (cv Bonoussé ou Ikéni), au Congo (cv Akô du plateau



Téké) et au Cameroun où nous avons observé leur domestication chez les Bamiléké occupant la région de Bafang. Ce sont ces ignames qui se trouvent à la base de la diagnose faite par LAMARCK (1792) pour l'espèce *D. cayenensis*. Selon HAMON *et al.* (1987), elles sont octoploïdes et elles résultent d'une hybridation naturelle entre *D. burkilliana* et *D. praezensilis*, différentes sur le plan du fonctionnement biologique mais toutes deux tétraploïdes. TERAUCHI (1992) rejoint cette idée en restant moins précis. Pour lui, il s'agit d'une hybridation entre deux espèces sauvages indéterminées : l'une étant de biologie pérenne et l'autre de biologie annuelle.

Toutes ces observations indiquent que les *D. cayenensis-rotundata*, aux affinités biologiques pérennes, font partie d'un ensemble reposant sur la variation polyploïde partant du niveau tétraploïde, lequel constitue, par ailleurs, un pont rejoignant les ignames annuelles (sauvages et cultivées) de la section *Enantiophyllum*. Cette situation ramène à un phénomène évolutif. Ce phénomène ne semble pas avoir été d'un grand intérêt agronomique. Ses produits sont largement distribués sur le plan géographique sans jamais avoir permis de passer à la civilisation de l'igname. Selon ESSAD (1984), la polyploïdie a sans doute offert une possibilité d'évolution rapide mais n'est apparemment pas le ressort de l'évolution plus profonde ayant abouti au matériel végétal aujourd'hui fortement prédominant dans l'agriculture de l'igname.

## Le processus de domestication

### Aspects généraux

Avant tout, la domestication est un transfert de matériel végétal partant du biotope naturel pour aboutir au contexte particulier de l'agriculture. A elle seule, cette opération détermine de profondes modifications phénotypiques. Elle paraît suffisante pour supprimer la toxicité chez *D. bulbifera* et *D. dumetorum* (après sans doute plusieurs années de culture). Elle change aussi le fonctionnement biologique de la plante. Ainsi voit-on graduellement disparaître la tubérisation chez *D. bulbifera*, alors que chez les *D. cayenensis-rotundata*, il y a expression sporadique de caractères ne s'observant pas chez les formes parentales sauvages (monoecie, production de bulbilles).

Toutefois, c'est sur le plan morphologique que la mise en culture des ignames sauvages a les effets les plus généraux. Les transformations ainsi induites ont été décrites au Nigeria par CHIKWENDU et OKEZIE (1989) en s'appuyant particulièrement sur l'espèce *D. praezensilis*. Ces transformations se résument de la

façon suivante. A l'intérieur du tubercule, la quantité de fibres décroît alors que la proportion d'amidon augmente. La spinescence diminue sur la tige et les racines qui coiffent le tubercule. La taille de l'appareil végétatif est réduite et la forme de la feuille perd ses caractéristiques initiales. Enfin, le nombre de cataphylles portés par la tige chute de façon spectaculaire. Globalement, le transfert dans l'agriculture conduit à l'acquisition de caractères permettant un rapprochement morphologique vers les ignames cultivées *D. cayenensis-rotundata*, mais sur le plan agronomique, ce degré de transformation paraît insuffisant. Une conclusion semblable a été obtenue à la station agronomique d'Ina (nord du Bénin). Quatre-vingt-quatorze exemplaires de l'espèce sauvage *D. abyssinica* ont été cultivés sur butte, de 1974 à 1995, sans qu'un changement avantageux pour l'agriculture n'intervienne dans les caractéristiques du tubercule. Une pression complémentaire à la mise en culture doit donc être engagée dans le cadre de la domestication pour parvenir à du matériel végétal répondant aux besoins de l'agriculture.

## La domestication des ignames observée au Bénin

Un travail d'enquête a été conduit, en 1995, chez cent-cinquante paysans bariba partagés entre deux régions du Bénin septentrional, afin de comprendre l'itinéraire suivi pour obtenir les ignames cultivées *D. cayenensis-rotundata*, en partant des ignames sauvages *D. abyssinica* (DUMONT *et al.*, 1997) (tableau I).

Il apparaît que près de la moitié de la population interrogée connaît la domestication ; celle-ci étant, par ailleurs, pratiquée aujourd'hui par 4,7 % des paysans faisant partie de l'échantillon étudié.

La domestication concerne une fraction des ignames *D. abyssinica* disponibles à l'état sauvage. A priori, l'observation permet de penser que le point de départ de ce matériel végétal serait une forme d'igname fournie par la transformation adaptative de l'espèce forestière *D. praezensilis* à l'écosystème de savane. A l'appui de cette idée, on rappellera que les résultats de HAMON (1987) et TERAUCHI (1992) montrent la difficulté de délimiter et de séparer les ignames sauvages annuelles de la section *Enantiophyllum*. On relèvera aussi qu'en Côte d'Ivoire, les travaux de ZOUNDJIHEKPON (1993) ont démontré l'existence de flux géniques entre *D. praezensilis* et les ignames *D. cayenensis-rotundata*.

Le principe de la domestication est la fabrication de cultivars dotés de tubercules courts et de diamètre relativement important en partant d'ignames sauvages



dont le tubercule est naturellement long et mince. La domestication compte deux opérations distinctes qui se superposent néanmoins dès la deuxième année de travail.

La première étape de la domestication est la mise en œuvre de techniques culturelles particulières suivant schématiquement l’itinéraire présenté ici. On part de la tête du tubercule d’igname *D. abyssinica*. Celle-ci est plantée au sommet d’une butte. En position sous-jacente, un obstacle (fragment de poterie) est disposé de manière à arrêter le développement en longueur du tubercule fourni par la plante. Il arrive que ce tubercule soit soustrait à la plante-mère (interruption du processus de tubérisation) pendant la période végétative. L’adaptation à l’agriculture s’étale sur trois ans au moins. Parvenue à son terme, elle fournit un matériel végétal dont les caractéristiques du tubercule sont celles de l’igname cultivée. Le génotype des plantes domestiquées n’est pas modifié puisque, seule, la multiplication végétative a été utilisée. La transformation obtenue se maintient aussi longtemps que la plante est conservée dans des conditions d’agriculture. Il y a retour vers la forme sauvage dans le cas contraire. Le tableau II synthétise les résultats correspondant aux différentes informations qui viennent d’être données.

Dans chacune des régions étudiées, l’interruption de la tubérisation est la contrainte la moins fréquemment liée à la domestication et aussi celle qui conduit à la plus large divergence des réponses. Excepté ce cas, on observe une grande cohérence de l’opinion. La nécessité de recourir à l’obstacle et d’attendre plusieurs années avant de parvenir à la transformation recherchée apparaissent comme des contraintes importantes et de même niveau. Toutefois, les résultats de l’enquête indiquent une certaine contradiction quant à l’avantage de l’obstacle au-delà de la première campagne de culture. Enfin, l’idée la plus fortement exprimée par les paysans est que la domestication doit obligatoirement partir de la tête du tubercule sauvage et donc passer par une coupe.

Pour disposer d’une tête de tubercule ayant une bonne capacité reproductive, il faut partir d’un tubercule volumineux et, subséquent, d’une plante ayant accumulé un grand nombre de cycles végétatifs à partir de la graine. Dans la pratique, les tubercules utilisés pour la domestication viennent de peuplements végétaux remaniés plus ou moins parvenus au terme de leur évolution d’où la plus grande partie des ignames venues du semis a déjà été éliminée par la compétition naturelle.

La seconde étape de la domestication est une sélection clonale qui — dès la deuxième année de travail —, se superpose à la démarche engagée pour changer la forme du tubercule. On manipule donc des combinaisons génétiques venant des ignames sauvages. Des degrés différents apparaissent dans le résultat de l’opération.

Dans la majorité des cas observés à court terme, la domestication revient (sans doute à des nuances génétiques près) à un matériel végétal que l’agriculteur possède déjà et qui est intégré dans le compartiment variétal correspondant. C’est visiblement cette stratégie de renouvellement intravariétal que privilégie le paysan du nord du Bénin. On pressent que cette stratégie est motivée par la préoccupation de faire face à une chute de productivité trouvant son origine dans le matériel végétal multiplié par voie végétative. Le passage périodique par la sexualité permet de surmonter le problème.

A l’échelle plus générale, la domestication obtient une diversification du matériel végétal cultivé parce qu’elle s’exerce sur des populations d’ignames sauvages que les facteurs naturels (notamment climatiques) et anthropiques modifient dans l’espace et dans le temps. Les distorsions intervenant dans la variabilité naturelle peuvent donner naissance à des variances variétales ou déboucher sur des écotypes. Par ailleurs, une situation s’expliquant apparemment par un effet de forte consanguinité a été observée. Dans le nord-ouest du Bénin (pays Dompago et ethnies affines), où une puissante pression démographique a depuis longtemps fortement appauvri le

**Tableau II.** Contraintes techniques subordonnant le passage des ignames *D. abyssinica* vers l’agriculture et quantification de leur importance respective, en valeur relative (%) par rapport au nombre de paysans connaissant la domestication dans chacune des deux régions étudiées.

Contraintes identifiées par l’enquête conduite en milieu paysan	Partie de l’opinion correspondant à chaque contrainte (%)	
	Zone nord	Zone sud
Plantation partant restrictivement de la tête du tubercule <i>D. abyssinica</i>	95,8	100,0
Introduction d’un obstacle dans la butte	64,6	81,8
Interruption du processus de tubérisation	34,0	18,2
Délai minimum de trois ans pour obtenir un résultat	70,2	72,7

stock d'ignames sauvages, la domestication a obtenu un cultivar mâle aux organes aériens nanifiés qui, aujourd'hui, se vulgarise spontanément dans l'agriculture Bariba sous le nom de *Tam saan* (igname arachide). Un morphotype semblable a été obtenu en Inde (ABRAHAM *et al.*, 1989) à la suite d'une sélection clonale opérée sur des lignées demi-frères fabriquées, au Nigeria, par l'IITA (Institut international d'agriculture tropicale).

En résumé, la domestication observée au Bénin possède trois caractéristiques remarquables. Elle ne part pas des graines. Elle utilise des tubercules fournis par les populations d'ignames spontanées déjà génétiquement normalisées par la sélection naturelle. Enfin, la domestication met en œuvre des techniques culturelles spécifiques pour obtenir des morphotypes de tubercules appropriés à l'agriculture. Contrairement à ce qui a été parfois indiqué, les cultivars ne sont pas le fruit d'événements exceptionnels. Ils sont, pour la plupart, le produit de manipulations répétées dans le temps tirant parti (à l'échelle locale) d'un même fonds génétique. On obtient ainsi des variétés dotées d'une variabilité génétique plus ou moins large s'organisant en groupes variétaux eux-mêmes plus ou moins distinctement séparés.

## Conclusion

Les ignames représentent certainement une source de nourriture depuis longtemps très importante pour les populations africaines. L'introduction, en Afrique, des plantes du « complexe malaisien » (banane plantain, taro, *Dioscorea alata*) et, plus récemment, du manioc, n'a pas fait disparaître l'igname. Au-delà de cet événement, on observe que l'igname s'est bien adaptée aux mutations sociologiques et techniques aujourd'hui en cours. D'après les statistiques FAO (1994), sa production aurait annuellement augmenté de 12,6 % pendant la période allant de 1981 à 1994.

La domestication de l'igname a probablement commencé dans un passé extrêmement lointain mais il apparaît qu'elle se poursuit aujourd'hui encore, en particulier dans une zone où il existe déjà une abondante diversité variétale à la disposition de l'agriculture. On observe que la domestication est, en fait, une gestion combinée des ressources génétiques sauvages et cultivées permettant de revenir périodiquement à la sexualité. On entrevoit l'intérêt de la démarche pour réajuster périodiquement la variabilité du matériel végétal à l'évolution des contraintes agroécologiques. Il y a là une vaste expérience accumulée par le paysan africain. Cette expérience est restée ignorée jusqu'à présent alors que, de toute évidence, elle peut apporter une contribution majeure

au travail d'amélioration génétique par voie sexuée que la recherche se préoccupe de conduire sur les ignames *D. cayenensis-rotundata*.

## Références bibliographiques

- ABRAHAM K., NAIR S.G., SREEKUMARI M.T., 1989. White yam, *Dioscorea rotundata* Poir., divaric type. Trop. Agric., 66 (4) : 184-186.
- AKORODA M.O., 1982. Phenetic similarity among *Dioscorea cayenensis* cultivars as estimated by cluster analysis and minimum spanning tree. Ann. Appl. Biol. 101 : 547-552.
- ALEXANDER J., 1971. The domestication of yams: a multi-disciplinary approach. In Science in archaeology. E.S. Higgs, D. Brothwell Ed., London, England. Thames and Hudson, Royaume Uni, p. 229-234.
- BAHUCHET S., MCKEY D., GARINE I., 1991. Wild yams revisited: is independence from agriculture possible for rain forest hunter-gather. Human Ecology, 19 (2) : 213-243.
- BURKILL I.H., 1960. The organography and the evolution of *Dioscoreaceae*, the family of the yams. J. Linn. Soc. (Bot.) 56, 319-412.
- CHEVALIER A., 1936. Contribution à l'étude de quelques espèces africaines du genre *Dioscorea*. Bulletin du Museum national d'histoire naturelle, série 2. Paris, France, vol. 19, p. 213-243.
- CHIKWENDU V.E., OKEZIE C.E.A., 1989. Factors responsible for the ennoblement of african yams: inferences from experiments in yam domestication. Foraging and farming: the evolution of plant exploitation. In Proceedings at the World Archeological Congress, Southampton, England. D.R. Harris, G.C. Hillman Ed., London, England. Academic division of unwin Hyman Ltd, p. 344-357.
- COURSEY D.G., 1966. The cultivation and use of yams in West Africa. F. CASS and Compagny Limited. Gainsborough House, London, England, 3-32-39.
- DANSI A.A., 1995. Caractérisation des principaux cultivars d'ignames du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* du nord-est du Bénin. Mémoire d'études approfondies en biotechnologie et amélioration des productions végétales. Université nationale de Côte d'Ivoire, 41 p.
- DOUNIAS E., 1992. Rapport culturel des chasseurs-collecteurs Baka aux ignames sauvages (est du Cameroun forestier). Interactions culturelles et applications au développement. Symposium UNESCO sur l'alimentation en forêt tropicale, 172 p.
- DOUNIAS E., 1995. Comment les pygmées du Sud-Cameroun forestier modèlent la forêt à l'usage de leur vie nomade. Le Flamboyant 36 : 28-30.

- DUMONT R., HAMON P., SEIGNOBOS C., 1994. Les ignames du Cameroun. Collection Repères. Cultures annuelles. Montpellier, France, Cirad-cp, 80 p.
- DUMONT R., VERNIER P., 1997. La domestication des ignames (*D. cayenensis-rotundata*) chez la population Bariba du Bénin. In Colloque Gestion des ressources génétiques des plantes en Afrique de l'Ouest. Bamako, Mali, 24-28 février 1997, 13 p.
- ESSAD S., 1984. Variation géographique des nombres chromosomiques de base et polyploïdie dans le genre *Dioscorea* à propos du dénombrement des espèces transversa Brown, *pilosiuscula* Bert et *trifida*. Agromonie 4 (7) : 611-617.
- HAMON P., 1987. Structure, origine génétique des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* et domestication des ignames en Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat ès sciences, université Paris XI, Orsay, France, 223 p.
- HAMON P., BRIZARD J.P.K, ZOUNDJIHEKPON J., DUPERRAY C., BORGEL A., 1992. Etude des index d'ADN de huit espèces d'ignames (*Dioscorea* sp.) par cytométrie en flux. Can. J. Bot 70 (5) : 996-1000.
- HLADIK A., BAHUCHET S., DUCATILLON C., HLADIK C.M., 1984. Les plantes à tubercules de la forêt d'Afrique centrale. Revue d'écologie (Terre et Vie), Paris, France, 39 : 249-290.
- KASSAMADA K., 1992. Contribution à la caractérisation morphologique des cultivars du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse, université du Bénin. Lomé, Togo, 111 p.
- LAMARK J.B., 1792. Igname de Cayenne, *Dioscorea cayenensis*. Encyclopédie méthodique, Botanique, 3 p. 233.
- LAUZER D., LAUBILN G., VINCENT G., CAPPA-DOCIA M., 1992. *In vitro* propagation and cytology of wild yams *Dioscorea abyssinica* Hochst and *D. mangelotiana* Miège. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 28 : 215-223.
- SAUER C.O., 1952. Agricultural origins dans dispersals. Ameri. Geog. Soc., Bowman Memorial Lectures, Series 2.
- TERAUCHI R., CHIKALAKE V.A., THOTTAPILLY G., HAHN S.K., 1992. Origin and phylogeny of Guinea yams as revealed by RFLP analysis of chloroplast DNA and nuclear DNA. Theor. Appl. Gen. 83 (6/7) : 743-751.
- ZOUNDJIHEKPON J., 1993. Biologie de la reproduction et génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest, *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse de docteur ès sciences naturelles, université nationale de Côte d'Ivoire. Faculté des sciences et techniques, Abidjan, Côte d'Ivoire, 306 p.



# Les ressources génétiques de l'igname : caractérisation et classification

P. HAMON

Université Montpellier III, 34199 Montpellier Cedex 5/Cirad-ca, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

V. LEBOT

Cirad-ca, BP 6, Pouembout, 98825 Nouvelle-Calédonie, France

**Résumé** — Dans le cas des plantes à multiplication végétative, l'identification génotypique et la classification au sein des collections sont des étapes importantes pour la conservation des ressources génétiques. En ce qui concerne les ignames, différentes approches ont été pratiquées visant à une meilleure compréhension de la structuration de la diversité génétique. Elles sont passées en revue dans cet article. Les descripteurs morphologiques ont permis l'identification des cultivars du complexe *D. cayenensis-rotundata* présents en Côte d'Ivoire. Cependant, certains caractères morphologiques peuvent se révéler sensibles aux conditions environnementales et/ou de culture. Il est donc nécessaire de disposer aussi de marqueurs génotypiques stables, indépendants du milieu. La technique d'électrophorèse d'enzymes fournit un outil très performant pour l'identification clonale et la classification des ignames. D'autres types de marqueurs ont été envisagés (RAPD) ou sont envisagés (microsatellites, AFLP). L'usage de chacun d'eux est discuté en termes de contraintes et d'apports à leur utilisation. Les ignames forment un complexe polyploïde allant de  $2n = 2x$  à plus de  $8x$ . Il est donc important, pour la réalisation de plans de croisements, de préciser les niveaux de ploïdie des géniteurs potentiels et, si nécessaire, des descendances obtenues. La cytométrie en flux offre la possibilité d'analyser un grand nombre d'échantillons en un minimum de temps, mais elle ne dispense pas de réaliser quelques comptages chromosomiques. Enfin, la description des cultivars ne peut pas être complète si elle ne s'accompagne pas de l'évaluation des potentialités agronomiques (au sens le plus large du terme). Finalement, on possède aujourd'hui les outils technologiques permettant une bonne caractérisation des ressources génétiques de l'igname. En fonction des questions posées, il s'agira d'utiliser les outils les plus adaptés tout en sachant que l'on ne pourra pas se dispenser de l'effort d'identification morphologique.

**Abstract** — Yam genetic resources: characterization and classification. Most yam species are asexually propagated and tremendous genetic erosion is on-going. It is therefore necessary to collect, characterize and evaluate their genetic resources.

This paper reviews various methods and techniques used to characterize yam genetic resources. For the two most important species, *Dioscorea cayenensis-rotundata* and *Dioscorea alata*, several thousand cultivars exist. Morphological descriptions are a necessary prerequisite and should be conducted with internationally standardized descriptors. Genetic variation is important for most traits of agronomic importance and the use of neutral markers is necessary to assess existing diversity within collections. Isozymes are practically useful because of their low cost that allows screening of a large number of accessions. However, limited correlations are found between zymotypes and morphotypes. It appears that cultivars exhibit variation in qualitative traits as a result of human selection of somatic mutations. DNA markers, RFLPs, AFLPs, RAPDs, and SSRs are the most accurate but are labour intensive and expensive. Ploidy levels are also highly variable and germplasm screening requires cytological investigations. Finally, it appears that in most cases, a combination of various techniques is the most efficient approach to characterize this invaluable germplasm.

## Introduction

Certaines plantes cultivées à multiplication végétative, dont l'igname, constituent des ensembles dont les ressources génétiques doivent être prioritairement protégées et conservées. En effet, du fait de pressions socio-économiques de plus en plus fortes, de la quasi inexistence de création variétale, l'abandon ou la perte de cultivars traditionnels est un processus définitif qui accélère fortement l'érosion génétique. Comment collecter, évaluer, conserver et utiliser de telles ressources est aujourd'hui un enjeu.

Bien plus que dans le cas de plantes à reproduction sexuée, les redondances au sein des collections sont ou seront importantes ; la conservation de telles collections est lourde et vouée à d'importantes pertes faute de pouvoir recourir dans tous les cas à une conservation par graines.

L'identification génotypique et la classification au sein de telles collections sont donc des étapes fondamentales pour la conservation des ressources génétiques. Ce sont aussi des données essentielles pour l'élaboration de schémas d'amélioration des plantes et pour le développement des cultures concernées.

Dans le cas de l'igname, l'amélioration variétale s'est heurtée en partie à la méconnaissance biologique de cette plante. Est-ce une monocotylédone ou une dicotylédone ? Combien y a-t-il d'espèces en culture et quelles sont-elles ? Quelles sont leurs espèces sauvages apparentées ? Combien y a-t-il de variétés chez les différentes espèces cultivées et comment les identifier ? Quelle est la qualité des floraisons et des fructifications ? Comment utiliser au mieux les ressources génétiques disponibles ? Quels schémas d'amélioration variétale peut-on conduire ? Ce sont là quelques exemples de questions qui se sont très rapidement posées et pour lesquelles les réponses proposées ne font pas toujours l'unanimité.

Différentes approches ont été utilisées ces trente dernières années. Les résultats obtenus contribuent à une meilleure compréhension de l'organisation de la diversité génétique des ignames et permettent de comprendre les raisons des échecs successifs enregistrés par les sélectionneurs dans le cas des ignames cultivées *D. cayenensis-rotundata*.

Cet article fait le point des connaissances acquises en matière de caractérisation et de classification des ignames à partir des différents types de descripteurs utilisés. Les apports et les limites de chacun d'eux sont soulignés.

## Les descripteurs morphophysiologiques

L'identification et la description des ignames sauvages ou cultivées ont tout d'abord été réalisées par des systématiciens. Ceux-ci ont dénombré plus de 600 espèces au sein du genre *Dioscorea* dont il n'est pas toujours aisé d'avoir ni les descriptions, ni un aperçu de la variabilité intraspécifique. Les études entreprises ces vingt dernières années tendent à faciliter l'identification de quelques-unes de ces espèces en précisant certaines caractéristiques morphologiques et écologiques et en fournissant des informa-

tions quant à leurs aires de distribution. Ce sont en particulier les travaux de HLADIK *et al.* (1984) pour la forêt dense d'Afrique centrale, de DUMONT *et al.* (1994) pour le Cameroun et de HAMON *et al.* (1995) pour l'Afrique de l'Ouest. Ces derniers auteurs ont, de plus, proposé une clé d'identification *in situ* des espèces sauvages basée sur l'habitat et quelques caractères morphologiques particulièrement discriminants.

Cette difficulté d'identification existe également au niveau intraspécifique et, selon l'espèce considérée, l'identification des variétés traditionnelles se révèle plus ou moins complexe. Ainsi, l'espèce cultivée *D. dumetorum*, essentiellement rencontrée au Cameroun, semble représentée par un petit nombre de cultivars dont les différences portent essentiellement sur le tubercule — forme, abondance des radicelles sur la peau, coloration de la chair et amertume (DUMONT *et al.*, 1994). En revanche, pour les espèces cultivées majeures, *D. alata* et *D. cayenensis-rotundata*, la situation est plus confuse. Selon MARTIN (1976), il existerait plusieurs milliers de cultivars de *D. alata* dans le monde et leur classification est loin d'être simple. En Côte d'Ivoire, MIEGE (1952) en dénombre 18 à 22 qu'il répartit en 2 classes sur la présence ou l'absence d'anthocyanes au niveau des appareils aérien et souterrain. Cette séparation se retrouve dans la nomenclature vernaculaire traditionnelle et correspond aux appellations « bété bété » (pas d'anthocyane) et « n'za » (anthocyanes). Une classification en trois groupes majeurs est proposée par RHODES et MARTIN (1972) à partir de l'étude de 30 cultivars provenant d'Inde, de Porto Rico, de Trinidad, des Barbades et des Philippines. Mais la classification des 350 cultivars réunis à Porto Rico (MARTIN et RHODES, 1973) se révèle beaucoup plus complexe et met en évidence 15 groupes interconnectés. Aucune subdivision significative ne peut être effectuée sur des bases morphologique et/ou géographique et aucun groupe ne permet une classification de rang inférieur à l'espèce, en sous-espèces ou variétés botaniques, par exemple. En Nouvelle-Calédonie, BOURRET (1973) dénombre plus d'une centaine de cultivars connus sous près de 750 dénominations vernaculaires. Une étude plus récente (LEBOT *et al.*, en préparation) effectuée sur 135 accessions à l'aide de 31 descripteurs préconisés par l'IPGRI (International Plant Genetic Resources Institut) et 6 descripteurs supplémentaires ont permis d'obtenir une classification en 3 groupes majeurs : le groupe de cultivars à petites feuilles vertes (claires ou sombres), le groupe de cultivars à pigmentation anthocyanée et le groupe de cultivars fleurissant ou présentant des bulbilles. Actuellement, des travaux conduits par le Cirad se poursuivent afin de mieux évaluer la différenciation intra et inter-groupes.

La situation est tout aussi complexe chez *D. cayenensis-rotundata*. MARTIN et SADIK (1977) évaluent le nombre de cultivars présents en Afrique de l'Ouest entre 500 et un millier. Une étude menée à Porto Rico par MARTIN et RHODES (1978) sur 97 cultivars révèle que 16 caractères parmi les 75 étudiés sont discriminants et mettent en évidence 9 groupes interconnectés. Au Nigeria, AKORODA (1982) identifie 4 groupes à partir de l'étude de 49 caractères morphologiques et 20 cultivars de *D. cayenensis*. En 1983, cet auteur propose pour la même étude une classification en 7 groupes. Trois de ces 7 groupes (correspondant à 2 des 4 groupes de l'étude précédente) sont considérés comme des types intermédiaires entre *D. cayenensis* et *D. rotundata* dans l'étude d'AKORODA et CHHEDA (1983) portant sur 40 cultivars. Les travaux se poursuivent au Nigeria par l'étude de 14 accessions de *D. rotundata* à l'aide de 40 caractères morphologiques. Ceci conduit à l'identification de 3 groupes se différenciant essentiellement par la présence de floraison, la taille du tubercule et la taille des feuilles (ONYILAGHA, 1986). Lorsque 8 accessions de *D. cayenensis* sont rajoutées aux 14 *D. rotundata* mentionnées précédemment, ONYILAGHA et LOWE (1986) obtiennent une classification en 2 groupes majeurs qu'ils identifient à *D. cayenensis* et à *D. rotundata*.

En Côte d'Ivoire, 15 et 19 cultivars ont été respectivement décrits par MIEGE (1952) puis HAMON *et al.* (1986). Une situation semblable à celle observée chez *D. alata* par BOURRET prévaut également en Côte d'Ivoire avec près de 200 noms vernaculaires répertoriés par HAMON *et al.*

L'étude d'une collection comptant près de 800 accessions de *D. cayenensis-rotundata* à l'aide de 24 descripteurs morphophysiologiques a permis un regroupement des cultivars en 2 classes principales (HAMON *et al.*, 1990a). Ces deux classes sont d'importance inégale sur le plan de la diversité exprimée. Le regroupement des accessions appartenant à la même variété, établi à priori à partir de quelques caractères morphologiques, est confirmé par cette classification. Il est intéressant de constater qu'une structure en deux classes prévaut également au Cameroun et que dans ces deux cas, la séparation en deux classes est possible à partir de caractéristiques morphologiques similaires (DUMONT *et al.*, 1994).

De manière générale, quelle que soit l'espèce cultivée considérée, on constate, au sein des cultivars, une diversité morphologique plus ou moins importante concernant le plus souvent la forme du tubercule, la coloration de la chair et/ou la forme des feuilles, dont on ne sait, à priori, si elle est attribuable à la plasticité phénotypique naturelle des ignames ou au regroupement de plusieurs clones dans un même cultivar. C'est là que les descripteurs

morphologiques atteignent leur limite principale. Il est donc alors nécessaire de disposer de marqueurs génotypiques, indépendants des conditions environnementales.

## Les descripteurs enzymatiques

Les descripteurs enzymatiques ont été utilisés dans le but de permettre une identification rapide et efficace (indépendante des conditions de culture) des différentes variétés cultivées. IKEDIOBI et IGBOANUSI (1983) utilisent la technique d'électrophorèse de protéines en gel de polyacrylamide pour l'identification de 5 espèces cultivées (*D. alata*, *D. dumetorum*, *D. esculenta*, *D. cayenensis* et *D. rotundata*) et de 9 cultivars au sein de *D. rotundata*. Dans le même temps, HAMON et TOURE (1982) montrent que le polymorphisme enzymatique révélé par électrophorèse en gel d'amidon peut être utilisé chez l'igname. L'étude de plus de 400 accessions évaluées aussi sur le plan morphologique a permis une identification génotypique des 19 cultivars du complexe *D. cayenensis-rotundata* (HAMON *et al.*, 1990a). Ces données enzymatiques permettent aussi la séparation en deux classes majeures se distinguant par la présence-absence d'électromorphes lents. La comparaison des deux classifications morphologique et enzymatique montre que la classe la plus différenciée (ou hétérogène) sur le plan morphologique possède la base génétique la plus étroite (HAMON *et al.*, 1990b). L'étude de cultivars provenant du Cameroun révèle aussi la présence de deux classes dont la séparation peut se faire selon les mêmes critères enzymatiques (DUMONT *et al.*, 1994).

Une étude comparable a été commencée au Togo sur du matériel prospecté dans tout le pays mais les résultats n'ont pas encore été publiés à notre connaissance.

Chez *D. alata*, une tentative d'utilisation de la technique d'électrophorèse en gel de polyacrylamide pour l'étude du polymorphisme enzymatique s'est révélée peu fructueuse (BERTHELOT, 1993). Adaptant les techniques utilisées chez *D. cayenensis-rotundata*, LEBOT *et al.* (en préparation) identifient à l'aide de 4 systèmes enzymatiques 27 génotypes au sein de 131 accessions néo-calédoniennes. Elargissant l'échantillon à 269 accessions d'origines diverses, ces auteurs montrent tout naturellement qu'un même génotype peut occuper des aires géographiques actuelles très diverses. De plus, il n'y a pas de structuration forte en groupes. Ces résultats confirment les conclusions de MARTIN et RHODES (1977) sur l'absence de groupes différenciés chez *D. alata*. Ainsi, l'identification des cultivars au sein de *D. alata*,



nécessite de combiner la classification morphologique et la classification génotypique.

D'une manière générale, les résultats acquis, notamment chez *D. cayenensis-rotundata*, montrent la pertinence des marqueurs enzymatiques et, en particulier, celle de quelques systèmes pour d'une part, la classification de ces ignames, et, d'autre part, l'identification variétale. Cependant, ces résultats ont été obtenus à partir de l'étude d'un petit nombre de locus. Ceci reste donc un inconvénient majeur lorsqu'il s'agit d'identifier les redondances dans une collection ou lorsqu'il s'agit d'appréhender la dispersion géographique d'un clone donné.

Dans le cas de *D. alata*, les études réalisées concernent dans la majorité des cas des cultivars exportés de leur aire d'origine à une période plus ou moins bien connue. L'image de la variabilité globale de l'espèce est donc de ce fait biaisée.

## Les descripteurs moléculaires

Les marqueurs moléculaires sont d'utilisation très récente chez l'igname. Actuellement, seuls les marqueurs de type RAPD ont été utilisés pour l'identification variétale (ASEMOTA *et al.*, 1996). Dans cette étude, les auteurs montrent qu'en Jamaïque, un même clone est cultivé dans des lieux différents et qu'il est possible de différencier les clones les uns des autres. Offrant un plus grand nombre de marqueurs analysables que les marqueurs enzymatiques, les marqueurs moléculaires donnent aujourd'hui la possibilité d'une meilleure identification des redondances au sein d'une collection. Mais la question posée est : les marqueurs moléculaires les plus appropriés, c'est-à-dire offrant le « meilleur rapport qualité-prix » sont-ils les RAPD ? Il est incontestable que l'utilisation de marqueurs RFLP est très lourde et que l'identification génotypique doit se faire avec des marqueurs de type PCR. Cependant, un des problèmes majeurs lié à l'utilisation des marqueurs RAPD est celui de la répétabilité. En règle générale, on arrive à avoir une bonne répétabilité pour des analyses faites dans un laboratoire donné, avec un appareillage donné (RAMSER *et al.*, 1996). Mais la question de la répétabilité entre laboratoires reste posée et nécessite une vérification si on se propose d'utiliser ces marqueurs pour une identification génotypique qui doit, à priori, pouvoir être réalisée où besoin est. Une autre catégorie de marqueurs PCR potentiellement utilisables est celle des microsatellites. Ceux-ci offrent plusieurs avantages. Ils sont locus spécifiques, donc le problème de la répétabilité ne se pose plus (les RAPDs sont sujets à une amplification aléatoire). Ils sont très polymorphes et donc théoriquement bien adaptés à l'identification varié-

tales. Cependant, la détermination d'amorces spécifiques constitue une étape préliminaire essentielle. TERAUCHI et KONUMA (1994) ont défini 6 amorces chez l'igname sauvage japonaise *D. tokoro*. Le polymorphisme révélé au niveau des 6 locus est important (6,2 allèles par locus en moyenne à partir de l'analyse de 23 individus). Ces amorces pourraient être testées sur *D. cayenensis-rotundata* et *D. alata* et l'identification d'autres amorces poursuivie.

L'utilisation des marqueurs AFLP combinant à la fois la restriction enzymatique, puis l'amplification par PCR, est également envisageable pour l'identification variétale car la combinaison d'un couple d'enzymes et d'une paire d'amorces permet de révéler de nombreuses bandes polymorphes (souvent plus d'une dizaine). Ces marqueurs offrent l'avantage de ne nécessiter aucune étude préalable si ce n'est l'application de la technique elle-même. L'inconvénient, par rapport aux marqueurs microsatellites, est qu'ultérieurement, la cartographie des marqueurs de type microsatellites permettra la comparaison entre différentes cartes génétiques tandis que cette comparaison n'est pas permise avec des marqueurs AFLP.

En définitive, le choix du type de marqueurs à utiliser se fera en fonction des contraintes techniques mais aussi du développement ultérieur prévu des programmes de recherche. Ce faisant, en débarrassant les collections des redondances inévitables, l'utilisation des marqueurs moléculaires pourrait alors permettre une meilleure gestion des collections et une meilleure utilisation des ressources génétiques.

## Les descripteurs cytologiques

Les ignames forment un complexe polyploïde allant de  $2n = 2x$  à plus de  $8x$ . Chez le complexe *D. cayenensis-rotundata*, MIEGE (1952, 1954) a dénombré 36, 54, 60-63 chromosomes. MARTIN et ORTIZ (1963) en ont compté 40, tandis que BAQUAR (1980), puis ZOUNDJIHEKPON *et al.* (1990) en dénombrent 40, 60 et 80. Les cultivars des 2 classes enzymatiques se différencient également par leur niveau de ploïdie ; uniquement des tétraploïdes dans la classe à plus faible diversité génétique, hexa et octoploïdes dans la classe la plus génétiquement hétérogène.

Chez *D. alata*, ESSAD (1984) rapporte des nombres de chromosomes allant de 30 à 80. Des comptages ont également été faits par l'INRA en Guadeloupe mais ces résultats n'ont pas encore été publiés.

Les dénombrements effectués par ZOUNDJIHEKPON *et al.* (1990) portent sur du matériel végétal référencé. Disposant ainsi d'échantillons à nombre de chromosomes connu pouvant servir de témoins, la technique de cytométrie en flux a permis d'évaluer rapidement



les niveaux de ploïdie au sein d'une collection maintenue par microbouturage *in vitro* à l'Orstom (HAMON *et al.*, 1992). Cette étude confirme les 3 niveaux de ploïdie existants chez le complexe *D. cayenensis-rotundata* et révèle l'existence de 6 niveaux de teneur en ADN chez *D. alata*. Dans ce dernier cas, l'absence d'échantillon à nombre de chromosomes connu ne permet pas de fixer la valeur des niveaux de ploïdie correspondants.

La technique de cytométrie en flux se révèle donc d'une grande utilité chez les ignames dans la mesure où la polyploïdie étant de règle, celle-ci peut avoir des conséquences importantes dans le suivi d'un programme d'amélioration variétale par voie sexuée. Cependant, elle ne dispense pas d'effectuer quelques comptages chromosomiques car elle informe sur des teneurs globales en ADN et non pas sur des nombres de chromosomes. En outre, si cette technique est simple dans son utilisation pratique, elle nécessite un appareillage sophistiqué et coûteux dont seuls disposent le plus souvent des centres de recherche médicaux.

## I Les descripteurs agronomiques

Les variétés cultivées intéressent le cultivateur dès lors qu'elles possèdent des caractéristiques les rendant attrayantes. Au cours du temps, elles ont été maintenues ou abandonnées selon l'intérêt direct qu'elles avaient pour le cultivateur. En milieu traditionnel africain, ce sont différents aspects qui ont été pris en compte. Ils sont généralement liés à la possibilité d'un étalement de la production, à des utilisations culinaires spécifiques, à la possibilité de revente ponctuelle et aussi au maintien des traditions socio-culturelles. Pour le sélectionneur, l'intérêt porté aux cultivars est plus cartésien et sera basé sur différents critères. Ce sont entre autres : les optima de densité de plantation, de taille des semenceaux, les longueurs de cycle de production, l'échelle de rendements, la forme des tubercules (permettant une mécanisation de la récolte et une meilleure vente) et enfin, la qualité gustative et l'aptitude aux différentes préparations culinaires.

En ce qui concerne les cultivars de *D. cayenensis-rotundata*, des évaluations agronomiques ont été conduites dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, Cameroun compris (MIEGE et LYONGA, 1982 ; DEGRAS, 1986). Des informations sont donc disponibles pour quelques cultivars. Cependant, ces évaluations ont porté sur du matériel végétal identifié en tout premier lieu par le nom vernaculaire. Il paraît évident aujourd'hui que l'identification génotypique de ce matériel contribuerait à sa caractérisation et fournirait la possibilité d'effectuer des comparaisons

et des choix pour des essais multilocaux, voire « multipays ».

Plus récemment, dans une optique de sélection variétale, des études de biologie florale ont été réalisées sur des cultivars bien décrits par ailleurs pour leurs caractéristiques morphologiques, enzymatiques et cytologiques (ZOUNDJIHEKPON *et al.*, à paraître). Ces auteurs montrent que contrairement aux idées reçues, il peut y avoir un synchronisme dans les floraisons mâles et femelles de cultivars de *D. cayenensis-rotundata*. Les informations acquises quant aux périodes d'ouverture des premières fleurs et quant aux cinétiques d'ouverture des fleurs mâles et femelles permettent aujourd'hui d'élaborer des plans de croisements faisant intervenir des géniteurs judicieusement choisis.

Les collections de *D. alata* semblent peu riches en clones florifères et apparemment les clones femelles sont quasi inexistantes (un seul clone femelle provenant de Nouvelle-Guinée et introduit fin des années 80 dans la collection de Côte d'Ivoire). Pour l'instant, étant donné la difficulté à classer les ignames de cette espèce, peu ou pas d'études ont porté sur la biologie florale. En revanche, les efforts ont porté sur l'évaluation agronomique des cultivars le plus souvent identifiés par leurs noms vernaculaires et quelques caractéristiques morphologiques. Les descriptions les plus importantes ont été menées par GUARINO et JACKSON (1986) sur les collections de Papouasie Nouvelle-Guinée, des îles Salomon, de Vanuatu et de Fidji. En Nouvelle-Calédonie, à titre d'exemple, les caractéristiques agronomiques de quelques cultivars particulièrement intéressants sont présentées dans une plaquette publiée par le CIRAD en 1996.

## I Conclusion

Les descriptions morphologiques sont indispensables et nécessaires pour cerner dans un premier temps la diversité génétique disponible. Cependant, ils sont insuffisants si on veut pouvoir réaliser l'identification variétale quelles que soient les conditions de culture et de milieu (jeunes plantes en serre ou issues de vitroplants, etc.). Les marqueurs neutres de type enzymatique ou moléculaire sont alors d'un intérêt certain. Cependant, ces deux types de marqueurs n'offrent pas le même degré de précision. Le choix doit se faire en fonction du problème posé. Dans certains cas, l'électrophorèse d'enzymes est suffisante car les profils (zymogrammes) obtenus pour un ou quelques systèmes enzymatiques permettent l'identification variétale et le classement par rapport à la classification préalablement établie. En revanche, si on veut pouvoir identifier les différents génotypes au

sein d'un cultivar, il faudra plutôt avoir recours aux marqueurs moléculaires de type RAPD ou encore mieux microsatellites ou AFLP.

Les données agronomiques complètent très utilement les fiches signalétiques des différents cultivars car, de leurs caractéristiques propres, dépendra l'intérêt qui leur sera porté. Ces informations pourraient être recueillies de manière systématique dès lors que les caractérisations morphologique, génotypique, cytologique et florale sont disponibles. L'ensemble de ces données devraient alors fournir des renseignements très utiles pour les sélectionneurs dans l'élaboration de stratégies de sélection variétale mais aussi, et entre autres, pour les virologues et les phytopathologistes. En effet, de nombreuses viroses s'accumulent dans les tubercules d'igname du fait de sa multiplication végétative. De même, l'anthracnose sévit chez *D. alata*. Il est donc très important que les virologues et les phytopathologistes travaillent sur du matériel clairement identifié et non pas sur des numéros d'échantillons anonymes identifiés par un nom vernaculaire et/ou une origine géographique.

Pour conclure, nous pensons qu'aujourd'hui nous disposons des outils techniques pour procéder à une bonne évaluation des ressources génétiques de l'igname et pour contribuer au développement de cette culture. Aux politiques de recherche d'en fournir les moyens si l'on considère que l'igname joue encore et doit jouer dans le futur un rôle majeur dans l'agriculture de certains pays et notamment en Afrique de l'Ouest.

## Références bibliographiques

- AKORODA M.O., 1982. Phenetic similarity among *Dioscorea cayenensis* cultivars as estimated by cluster analysis and minimum spanning tree. *Annals of Applied Biology* 101 : 547-552.
- AKORODA M.O., 1983. Principal component analysis and metroglyph of variation among Nigerian yellow yams. *Euphytica* 32 : 565-573.
- AKORODA M.O., CHHEDA H.R., 1983. Agro-botanical and species relationships of guinea yams. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 60 : 242-248.
- ASEMOTA H.N., RAMSER J., LOPEZ-PERALTA C., WEISING K., KAHL G., 1996. Genetic variation and cultivar identification of Jamaican yam germplasm by random amplified polymorphic DNA analysis. *Euphytica* 92 (3) : 341-351.
- BAQUAR S.R., 1980. Chromosome behaviour in Nigerian yams (*Dioscorea*). *Genetica*, 54 : 1-9.
- BERTHELOT L., 1993. Contribution à l'étude de la diversité génétique des ignames *Dioscorea alata* L. de Nouvelle-Calédonie. Choix, mise au point et évaluation d'outils. Mémoire de fin d'études, Esa, Angers, France, 56 p.
- BOURRET D., 1973. Etude ethnobotanique des Dioscoreacées alimentaires. Igname de Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat 3<sup>e</sup> cycle, spécialité biologie végétale, Paris, France.
- DEGRAS L., 1986. L'igname : plante à tubercule tropicale. Paris, France, Maisonneuve et Larose, Techniques agricoles et productions tropicales, 408 p.
- DUMONT R., HAMON P., SEIGNOBOS C., 1994. Les ignames au Cameroun. Montpellier, France, Cirad, Collection Repères, 80 p.
- ESSAD S., 1984. Variation géographique des nombres chromosomiques de base et polyploïdie dans le genre *Dioscorea* à propos du dénombrement des espèces *transversa* Brown, *pilosiuscula* Bert. et *trifida* L. *Agronomie* 4 (7) : 611-617.
- GUARINO L., JACKSON G., 1986. Describing and documenting root crops in the South Pacific. Fao/Undp field document n° 12, Suva, Fidji.
- HAMON P., BRIZARD J.P., ZOUNDJIHEKPON J., DUPERAY C., BORGEL A., 1992a. Etude des index d'ADN de huit espèces d'ignames (*Dioscorea* sp.) par cytométrie en flux. *Canadian Journal of Botany* 70 : 996-1000.
- HAMON P., DUMONT R., ZOUNDJIHEKPON J., TIO-TOURE B., HAMON S., 1995. Les ignames sauvages d'Afrique de l'Ouest. Wild yams in West Africa. Paris, France, Orstom, Collection didactique, 84 p.
- HAMON P., HAMON S., TOURE B., 1986. Les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* de Côte d'Ivoire : inventaire et description des cultivars traditionnels. Rome, Italie, AGPG : IBPGR/86/153, 63 p.
- HAMON P., TOURE B., 1982. Etude du polymorphisme enzymatique par électrophorèse sur gel d'amidon de quelques populations d'ignames spontanées et cultivées de Côte d'Ivoire. *Annales de l'université d'Abidjan, série C (sciences)*, tome XVIII : 99-112.
- HAMON P., TOURE B., 1990a. Characterization of traditional yam varieties belonging to the *Dioscorea cayenensis-rotundata* complex by their isozymic patterns. *Euphytica* 46 : 101-107.
- HAMON P., TOURE B., 1990b. The classification of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis-rotundata* complex) of West Africa. *Euphytica* 47 : 179-187.
- HLADIK A., BAHUCHET S., DUCATILLON C., HLADIK C.M., 1984. Les plantes à tubercules de la forêt dense d'Afrique centrale. *Revue d'écologie* 39 : 249-290.
- IKEDIABI C.O., IGBOANUSI L.C., 1983. Identification of yam (*Dioscorea* spp.) species and cultivars by use of electrophoretic patterns of soluble tuber proteins. *Biotropica* 15 (1) : 65-67.

- LEBOT V., TRILLES B., NOYER J.-L., 1997. La variabilité isozymique des cultivars de *D. alata*. Document interne Cirad-ca, 12 p.
- MARTIN F. W., 1976. Selected yams varieties for the tropics. Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Cock J. and McIntyre Ed., Irdc-ciat, Colombia, 44-49.
- MARTIN F.W., 1976. Tropical yams and their potential. Part. 4. *Dioscorea alata*. Agriculture handbook n° 495, p. 39.
- MARTIN F.W., ORTIZ S., 1963. Chromosome number behaviour in some species of *Dioscorea*. Cytologia 28 : 96-101.
- MARTIN F. W., RHODES A. M., 1973. Correlations among greater yam (*Dioscorea alata* L.) cultivars. Tropical Agriculture 50, 183-192.
- MARTIN F. W., RHODES A. M., 1978. The relationship of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*. Tropical Agriculture (Trinidad) 55 (3): 193-206.
- MARTIN F. W., SADIK S., 1977. Tropical yams and their potential. Part. 4. *Dioscorea rotundata* and *Dioscorea cayenensis*. Agriculture handbook n° 502, p. 36.
- MIEGE J., 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* d'Afrique occidentale. Thèse de doctorat, université de Paris, Paris, France, 266 p.
- MIEGE J., 1954. Nombres chromosomiques et répartition géographique de quelques plantes tropicales et équatoriales. Revues de cytologie et biologie végétales 15 (4) : 312-348.
- MIEGE J., LYONGA S.N., (eds) 1982. Yams. Igname. Clarendon Press, Oxford, Royaume Uni, 411 p.
- ONYILAGHA J.C., 1986. Numerical analysis of variation among nigerian *Dioscorea rotundata* accessions. Euphytica 35 : 413-419.
- ONYILAGHA J.C., LOWE J., 1986. Studies on the relationships of *Dioscorea cayenensis* and *Dioscorea rotundata* cultivars. Euphytica 35 : 733-739.
- RAMSER J., LOPEZ-PERALTA C., WETZEL R., WEISING K., KAHL G., 1996. Genomic variation and relationships in aerial yam (*Dioscorea bulbifera* L.) Detected by random amplified polymorphic DNA. Genome, 39-1 : 17-25.
- RHODES A.M., MARTIN F. W., 1972. Multivariate studies of variations in yams (*Dioscorea alata* L.) American Society of Horticultural Science Journal 97 (5) : 685-688.
- TERAUCHI R., KONUMA A., 1994. Microsatellite polymorphism in *Dioscorea tokoro*, a wild yam species. Genome 37 : 794-801.
- ZOUNDJIHEKPON J., ESSAD S., TOURE B., 1990. Dénombrement chromosomique dans dix groupes variétaux du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Cytologia 55 : 115-120.
- ZOUNDJIHEKPON J., HAMON P., NOIROT M., TIO-TOURE B., HAMON S., 1997. Flowering synchronisation between male and female West African cultivated yams (*Dioscorea cayenensis-rotundata* complex) Euphytica 95 : 371-375.



# C

## onservation et échange de germoplasme chez les ignames (*Dioscorea* spp.)

B. MALAURIE, M.-F. TROUSLOT, J. BERTHAUD  
GeneTrop, Orstom, BP 5045, 34032, Montpellier Cedex 1, France

**Résumé** — Les ignames cultivées sont naturellement tributaires d'une conservation à court terme. Leur mode de propagation par multiplication végétative favorise l'accumulation des virus et la dispersion de pathogènes. Les risques d'érosion génétique sont importants et nécessitent de trouver des modes de conservation efficaces. Dans le cadre de la conservation des ressources génétiques des ignames, plusieurs aspects peuvent être envisagés. La conservation aux champs est la méthode la plus courante. Elle permet une application la plus large à toutes les espèces, mais est pénalisée par son coût d'entretien élevé et les risques d'érosion génétique d'ordre climatique ou d'ordre pathologique. La conservation sous la forme de banques de graines est envisagée, les graines d'igname étant considérées comme non récalcitrantes. Les techniques de culture *in vitro*, croissance ralentie et cryoconservation, permettent d'éviter les contraintes de la conservation aux champs. L'utilisation d'un procédé simple de cryo-conservation (encapsulation-déshydratation), appliqué actuellement à un nombre réduit de génotypes d'igname, a permis d'obtenir de bons résultats. Il faut attendre son application à un nombre plus important de génotypes, plus représentatifs de la diversité, pour assurer une utilisation en routine. Les échanges de germoplasme ne pourront se faire qu'à partir de matériel végétal sain. Pour cela, il est nécessaire de détecter la présence de pathogènes, et de les éradiquer. Les problèmes majeurs proviennent de la présence de plusieurs virus dont la caractérisation a largement progressé ces dernières années. Une sanitation des plantes infectées est maintenant envisageable.

**Abstract** — Conservation and distribution of yam (*Dioscorea* spp.) germplasm. Cultivated yams have a short storage life, their vegetative propagation allows viruses to accumulate and pathogens to spread. Risks of genetic erosion are high and efficient conservation methods must be found. Several aspects must be examined in the field of genetic resource protection.

Field conservation is the most popular method. It can cover all species, but is handicapped by the strong constraints of costs and risks of erosion stemming from climatic conditions or pathologies. Seed banks are currently under study, yam seeds being orthodox. *In vitro* culture techniques, slowed growth and cryoconservation, are not submitted to the same constraints as field conservation. Interesting results have been obtained by using a simple process of cryo-conservation (encapsulation/dehydration), now applied to several genotypes. Once it becomes available for use with a large number of genotypes, it will be applied routinely. Germplasm exchanges will only be possible if the plant material is healthy, i.e. devoid of pathogens. Major problems are caused by the presence of viruses, which have been widely characterized over the past few years. Sanitation of infested plants can now be undertaken.

## Introduction

Les ignames appartiennent au genre *Dioscorea* qui comprend plus de 600 espèces (COURSEY, 1967) réparties dans les régions tempérées et pour la plupart d'entre elles dans la zone intertropicale humide.

Les ignames, réparties en ignames alimentaires et ignames médicinales, revêtent un intérêt économique considérable pour l'homme.

Les tubercules des ignames alimentaires sont la nourriture par excellence de millions de personnes vivant dans la zone intertropicale, où ils représentent 12 % de leur alimentation de base (COURSEY et

MARTIN, 1972), et pourvoient à un apport protéique 2 à 3 fois supérieur à celui du manioc ou de la patate douce (BOURRET-CORTADELLAS, 1973). L'Afrique de l'Ouest procure plus de 90 % de la production mondiale en ignames, où le Nigeria détient les 3/4 de cette production (AKORODA, 1993). L'igname, en plus de ses fonctions alimentaires, possède des valeurs socio-culturelles importantes, en Afrique de l'Ouest et en Mélanésie où l'on parle de zones de « civilisation de l'igname » (MIEGE, 1954 ; HAUDRICOURT, 1964, cité par BOURRET-CORTADELLAS, 1973).

On estime que 40 à 50 espèces sont cultivées ou font l'objet de cueillette (MARTIN et DEGRAS, 1978). En Afrique occidentale et centrale, les cinq espèces et/ou complexes d'espèces cultivées sont : *D. alata* L., complexe *D. cayenensis* Lamk.-*D. rotundata* Poir., *D. esculenta* (Lour.) Burk., *D. dumetorum* (Kunth) Pax., *D. bulbifera* L. (tableau I). Les très nombreux cultivars de *D. alata* et de *D. cayenensis*-*D. rotundata* dominent la culture. Quelques *Dioscorea* sauvages sont occasionnellement consommées (MIEGE, 1952 ; ONWUEME, 1978 ; HLADIK *et al.*, 1984 ; DEGRAS, 1986).

Une cinquantaine d'espèces sauvages d'ignames ont un intérêt pharmaceutique ; elles ont été exploitées et exploitées en tant que source de sapogénines naturelles et notamment de diosgénine (tableau II). Les principales espèces à forte teneur en sapogénine sont américaines avec *D. composita* Hemsl., *D. spiculiflora* Hemsl., *D. floribunda* Mart. et Gal., *D. mexicana* Guillem., *D. friedrichsthali* Knuth et *D. villosa* L., ou asiatiques avec *D. prazerei* Prain et Burk., *D. deltoidea* Wall., *D. hispida* Dennst., *D. nipponica* Makino, *D. tokoro* Makino et *D. zingiberensis*, ou encore africaines avec *D. sylvatica* (revues dans WAITT, 1963 ; COURSEY, 1967 ; DEGRAS, 1986 ; FURMANOWA et GUZEWSKA, 1989).

## I Prospection et collecte

Une partie de ces espèces citées plus haut a déjà été collectée (HLADIK *et al.*, 1984 ; ZOUNDJI-HEKPON et TIO-TOURE, 1992 ; PEDRALLI, 1994 ; HAMON *et al.*, 1995, MIGNOUNA *et al.*, 1997). Ces espèces sont entretenues et utilisées dans

Tableau I. Principales espèces d'ignames comestibles.

Espèces <sup>(1)</sup>	Zone d'origine	Zone de culture
<b>Section <i>Enantiophyllum</i></b>		
<i>D. alata</i> L.	Asie du Sud-Est	intertropicale humide
complexe <sup>(2)</sup> <i>D. cayenensis</i> Lamk.		
<i>D. rotundata</i> Poir.	Afrique de l'Ouest	Afrique de l'Ouest et Caraïbes
<i>D. nummularia</i> Lamk.	Indonésie, Océanie	Indonésie, Océanie et Micronésie
complexe <sup>(3)</sup> <i>D. opposita</i> Thunb.	zones tempérées de : Chine, Corée,	zones tempérées de : Chine, Corée,
<i>D. japonica</i> Thunb.	Taïwan, Japon	Taïwan, Japon
<i>D. transversa</i> Br.	Pacifique Sud	Pacifique Sud
<b>Section <i>Lasiophyton</i></b>		
<i>D. dumetorum</i> (Kunth) Pax.	Afrique de l'Ouest	Afrique de l'Ouest
<i>D. hispida</i> Dennst.	Inde, Chine du Sud, Nouvelle-Guinée	Inde, Chine du Sud, Nouvelle-Guinée
<i>D. pentaphylla</i> L.	Himalaya et Océanie	Himalaya et Océanie
<b>Section <i>Combilium</i></b>		
<i>D. esculenta</i> (Lour.) Burk.	Asie du Sud-Est	zone inter-tropicale humide
<b>Section <i>Opsophyton</i></b>		
<i>D. bulbifera</i> L.	Asie du Sud-Est et Afrique	intertropicale humide
<b>Section <i>Macrogynodium</i></b>		
<i>D. trifida</i> L.	Guyane, bassin amazonien	Caraïbes

Sources : COURSEY, 1967 ; BOURRET-CORTADELLAS, 1973 ; ONWUEME, 1978 ; AMMIRATO, 1984 ; DEGRAS, 1986 ; MALAURIE et TROUSLOT, 1995.

(1). Les espèces ont été regroupées en section par KNUTH (1924), complété par BURKILL (1960).

(2). Le regroupement des espèces *D. cayenensis* et *D. rotundata* en un complexe a été proposé par AYENSU et COURSEY (1972) ; MARTIN et RHODES (1978), MIEGE (1982).

(3). Le regroupement des espèces *D. opposita* et *D. japonica* en un complexe a été proposé par TANAKA (1977).

**Tableau II.** Principales ignames médicinales présentant de la diosgénine.

Espèces	Production de diosgénine à partir de plantes <i>in vivo</i>	Production <i>in vitro</i> de diosgénine à partir		Habitat
		de culture de cals	suspension cellulaire	
<i>D. balcanica</i> Kosanin		+		ex-Yougoslavie
<i>D. belizensis</i>	tubercules			Honduras
<i>D. bulbifera</i> L.	tubercules			Asie tropicale
<i>D. burkilliana</i> J. Miège	tubercules			Afrique tropicale
<i>D. caucasica</i> Lipsky		+		Caucase
<i>D. composita</i> Hemsl.	tubercules	+	+	Mexique
<i>D. deltoidea</i> Wall.	tubercules, plante entière	+	+	Himalaya de l'Ouest, Inde
<i>D. floribunda</i> Mart. et Gal.	tubercules	+	+	Mexique
<i>D. hirtiflora</i> Benth.	tubercules			Afrique tropicale
<i>D. hispida</i> Dennst.				Philippines
<i>D. japonica</i> Thunb.		+		Japon
<i>D. lobata</i>	tubercules			Mexique
<i>D. mexicana</i> Guillem.	tubercules			Mexique
<i>D. minutiflora</i> Engl.	tubercules			Afrique tropicale
<i>D. multiflora</i>				Argentine
<i>D. nipponica</i> Makino		+		Japon
<i>D. polystachia</i> L.		+		
<i>D. praezensilis</i> Benth.	tubercules			Afrique tropicale
<i>D. prazeri</i> Prain & Burk.				Inde, Birmanie
<i>D. preussii</i> Pax.	tubercules			Afrique tropicale
<i>D. sansibarensis</i> Pax.	tubercules	+		Afrique tropicale
<i>D. spiculiflora</i> Hemsl.	tubercules	+		Mexique
<i>D. sylvatica</i>	tubercules			Afrique du Sud
<i>D. tepinapensis</i>	tubercules			Mexique
<i>D. testudinaria</i>	tubercules			Mexique
<i>D. togoensis</i> Knuth	tubercules			Afrique tropicale
<i>D. tokoro</i> Makino	tubercules	+		Japon
<i>D. villosa</i> L.		+	+	
<i>D. zingiberensis</i>	rhizomes	+		Chine

Source : FURMANOWA et GUZEWSKA, 1989.

des programmes d'amélioration des plantes. Cependant de nombreux cultivars et espèces restent à collecter. Les différents pays possédant et entretenant des collections d'ignames au champ, ou *in vitro*, sont présentés dans le tableau IIIa (IBPGR, 1986 ; FAO, 1996), le tableau IIIb présente les six pays possédant les plus importantes collections *ex situ* d'igname, en pourcentage par rapport au nombre total d'accessions d'igname dans le monde (FAO, 1996). Une représentation des espèces et du nombre d'accessions total par pays, au champ et *in vitro* quand cela se présente, est donnée par les figures 1, 2, 3, et 4 respectivement pour les zones africaine, Inde-Asie-Pacifique, Amérique, et Europe (HANSON, 1986 ; IBPGR, 1986 ; MALAURIE *et al.*, 1993 ; FRISON et SERWINSKI, 1995 ; anon., 1996).

## Conservation des ressources génétiques des plantes

### Conservation en collection au champ

La création de collections au champ reste toujours un bon moyen de conservation de la plante dans son milieu naturel, et permet de préserver sa diversité génétique. C'est la méthode traditionnelle, elle repose sur sa large application à toutes les espèces. Cette méthode comporte cependant des inconvénients, qui sont accrus pour les plantes à multiplication végétative, comme l'est l'igname : les plantes sont à la merci des ravageurs et des maladies, soumises à des contraintes climatiques et relèvent d'un coût élevé d'entretien (HANSON, 1986 ; MALAURIE *et al.*, 1993).

**Tableau III a.** Pays<sup>(1)</sup> et zones géographiques où ont été répertoriées des collections d'igname.

Europe	Antilles	Amérique	Pacifique	Asie	Afrique
France <sup>(2)</sup>	Barbades *	Brésil <sup>(2)</sup>	Iles Cook	Bengladesh	Bénin
Royaume Uni <sup>(2)</sup>	Cuba	Colombie	Fidji	Inde	Burkina Faso
	Guadeloupe <sup>(2)</sup>	Costa Rica	New Islands	Indonésie	Cameroun
	Jamaïque	Guatemala	Nouvelle-Calédonie <sup>(2)</sup>	Japon <sup>(2)</sup>	Côte d'Ivoire <sup>(2)</sup>
	Saint-Domingue	Mexique	Papouasie Nouvelle-Guinée	Malaisie	Ghana
	Trinidad et Tobago	Panama	Iles Salomon	Nepal	Nigeria <sup>(2)</sup>
		Etats-Unis	Tonga	Philippines	Afrique du Sud
			Vanuatu	Sri Lanka	Togo
			Western Samoa <sup>(2)</sup>	Thaïlande	Ouganda
				Viet Nam	
2	6	7	9	10	9

(Sources : IBPGR, 1986 ; FAO, 1996)

\* maintenance *in vitro* dans un but de facilité de production.

(1). Cette liste de pays n'est pas exhaustive et tient compte des sources en notre possession.

(2). Pays possédant des collections *in vitro* (selon les sources en notre possession).

**Tableau III b.** Les six plus grands dépositaires possédant des collections *ex situ* du genre *Dioscorea* (pays, Cgiar, collections régionales).

Pays, Cgiar, collections régionales	Pourcentage du total d'accessions
Iita	25 (20) <sup>(1)</sup>
Côte d'Ivoire	20
Inde	8
Philippines	6
Sri Lanka	4
Iles Salomon	4
Nombre total d'accessions au niveau mondial	11 500

<sup>(1)</sup> Correspond au pourcentage d'accessions dupliquées entre les différents centres du Cgiar.

Source : WIEWS database et SGRP Review of Genesbank Operations, 1996 In FAO, 1996.

Un autre type de conservation (conservation *in situ*) pourrait être développé : 1) dans des conditions de culture paysanne ; 2) dans des zones protégées (type parc national) (ZOUNDJIHEKPON, 1997).

## Stockage des graines « orthodoxes »

Pour la constitution de collections de graines, il faut distinguer, pour les ignames, les formes cultivées des formes spontanées.

Pour les formes cultivées, bien que la présence de graines ait été signalée chez les principales espèces (*D. alata*, *D. bulbifera*, complexe *D. cayenensis*-*D. rotundata*, *D. dumetorum*, *D. opposita*, *D. trifida*), la constitution de collections de graines est fortement

limitée chez l'igname (HANSON, 1986) par la faible production, par la nécessité d'une pollinisation artificielle si l'on veut obtenir de bons taux (AKORODA, 1993) et par un faible taux de germination, bien que les graines soient de type orthodoxe (ou non récalcitrantes), après l'entreposage au froid (8 mois de stockage au froid combiné à une dessiccation) observé sur *D. rotundata* ; ce même phénomène d'abaissement du taux de germination a été observé après dessiccation en présence de silica gel à 25 °C (SADIK, 1977). Dans un manuel sur la technologie des semences pour la conservation des ressources génétiques, ELLIS *et al.* (1985) font un état de la dormance chez certaines espèces du genre *Dioscorea* de la zone intertropicale humide ou appartenant aux zones tempérées (*D. bulbifera*, *D. japonica*, *D. cayenensis*, *D. composita*, *D. deltoidea*, *D. floribunda*,



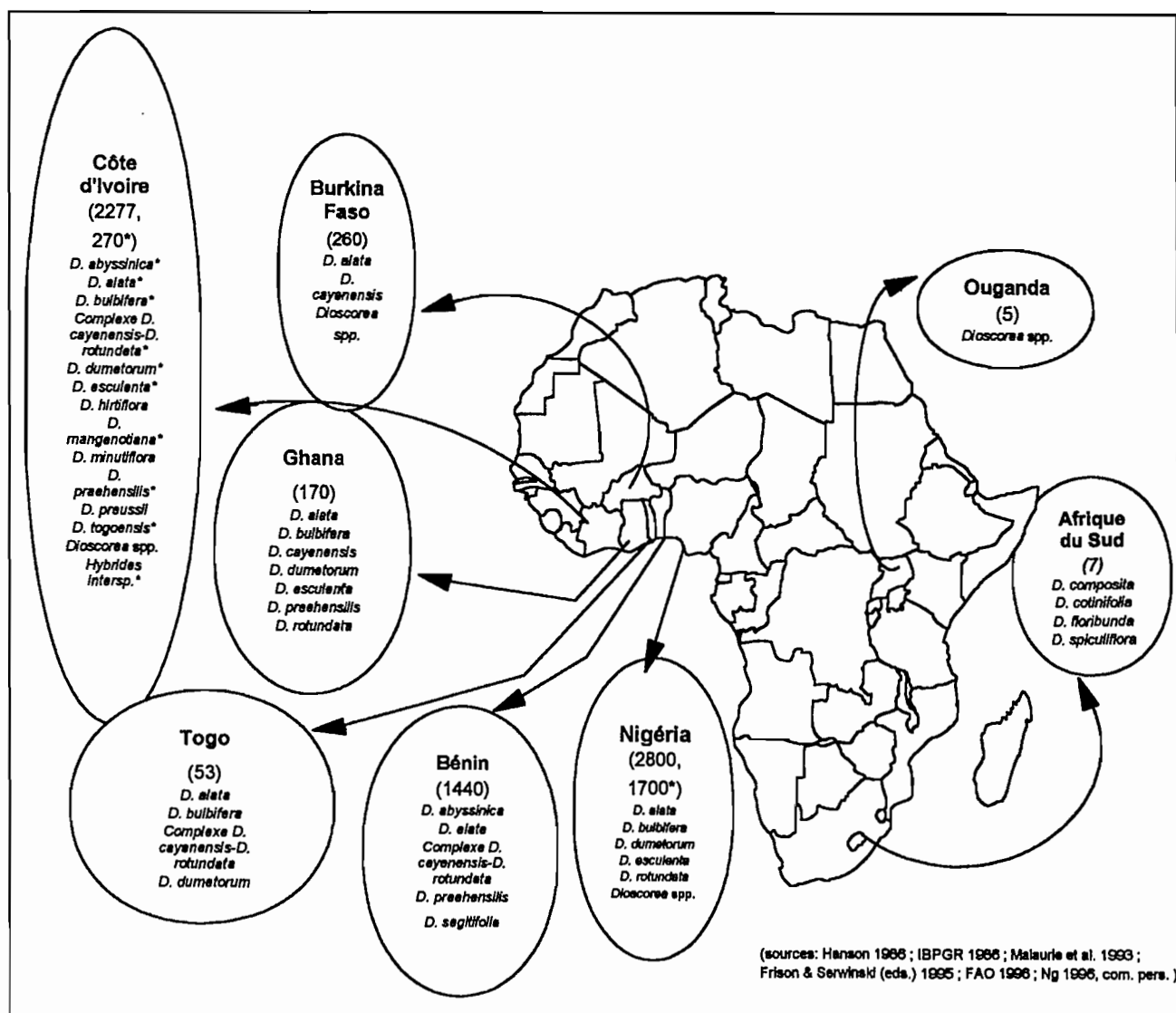


Figure 1. Pays d'Afrique concernés par les collections d'ignames (espèces représentées et nombre total d'accessions au champ et in vitro\*).

*D. hirtiflora*, *D. japonica*, *D. nipponica*, *D. odoratissima*, *D. opposita*, *D. praehensilis*, *D. prussii*, *D. quinqueloba*, *D. rotundata*, *D. septemloba*, *D. tenuipes*, *D. tokoro*, *D. villosa*). Ils signalent les traitements ayant été utilisés pour leur levée de dormance. La durée de la dormance varie selon l'espèce et selon la zone d'origine de l'espèce. Pour les espèces ouest-africaines, la dormance peut durer entre 3 et 5 mois après leur maturation, et au moins 6 mois pour les ignames japonaises. Les traitements agissant sur la levée de dormance des graines sont essentiellement des traitements thermiques de durée variable (0 à 5 °C, puis températures supérieures, associées ou non à des séjours à l'obscurité, pour les ignames de climat tempéré ; 25 à 45 °C, associé ou non à un éclairage, pour les ignames de climat tropical).

Pour les formes spontanées, la constitution de collections de graines peut être une bonne méthode de conservation si on en connaît la durée de conservation et si on maîtrise les problèmes de dormance. Peu

d'informations sont encore disponibles sur la conservation des graines des différentes espèces de *Dioscorea*. Cependant, le fait que les graines soient de type orthodoxe pouvant supporter la dessiccation, pourrait faire espérer qu'elles survivent dans des banques de semences à des basses températures pour de longues périodes (HANSON, 1986). STANWOOD et BASS (1981), dans leur article sur la « conservation des ressources génétiques sous la forme de semences à l'aide de l'azote liquide » montrent qu'il est déjà possible d'appliquer ces techniques avec succès sur 120 espèces et d'entrevoir des applications à l'igname. Cependant, le transfert de technologie des techniques de cryoconservation peut, pour certains partenaires du Sud, présenter certaines difficultés. Celles-ci peuvent être contournées par l'utilisation de technique de stockage des graines dans des conditions extrêmes de dessiccation (HONG et ELLIS, 1996).

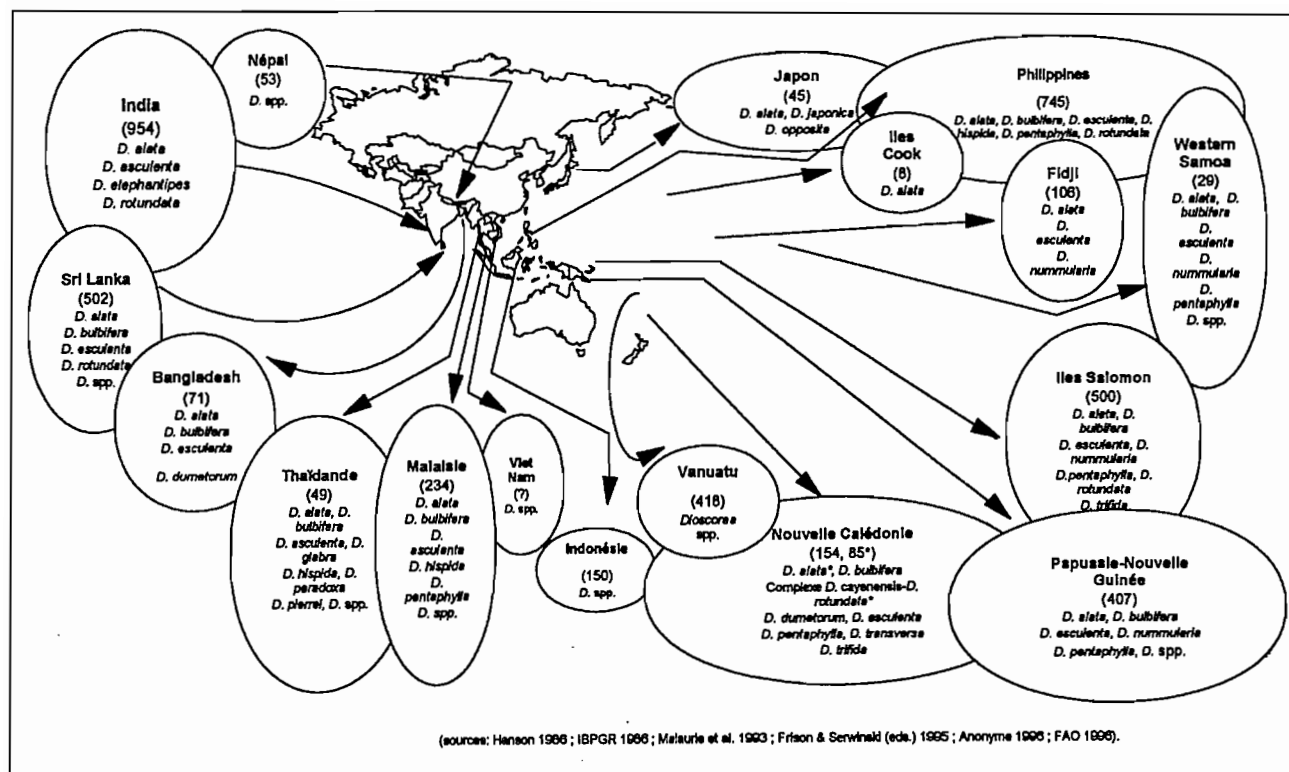


Figure 2. Pays des zones indiennes, asiatique et pacifique concernés par des collections d'ignames (espèces représentées et nombre total d'accessions au champ et in vitro \*).

Malgré l'obtention de graines de géotypes généralement hétérozygotes, avec le risque de ne pas représenter les géotypes originaux (HANSON, 1986), et la nécessité d'attendre 2 à 3 années pour passer de la graine à un tubercule capable d'exprimer tout son potentiel de croissance (ou de rendement) dans un environnement donné (TROUSLOT, 1985 ; TROUSLOT *et al.*, 1993), la « banque de graines » devrait être une méthode complémentaire à la conservation *in vitro* pour les stockages de longue durée. Si la conservation de graines doit permettre de maintenir une large variabilité pour des utilisations futures, la conservation *in vitro* à moyen terme (croissance ralentie) ou à long terme (cryo-conservation) devrait permettre de conserver des géotypes spécifiques en toute sécurité (HANSON, 1986).

## Conservation *in vitro*

Le développement des techniques de culture *in vitro* et la capacité à régénérer des plantes ont fait de la conservation *in vitro* une alternative au maintien des collections au champ (NG, 1991).

La culture *in vitro* a été ces dernières années étendue à plus de 1 000 espèces, incluant plusieurs espèces tropicales. Du fait de ses multiples avantages (taux de multiplication élevés, condition aseptique —

indemne de champignons, bactéries, virus, après thermothérapie et indexation, et ravageurs — encombrement et coût d'entretien restreints, érosion génétique limitée dans les conditions optimales de culture), son utilisation est d'un grand intérêt pour la conservation des collections, leur stockage, entretien et multiplication (ENGELMANN, 1991, 1997 ; KUO, 1991 ; MALAURIE *et al.*, 1993 ; ASHMORE, 1997).

## Conservation à court et moyen terme

L'application des techniques de culture *in vitro* à la conservation et à la distribution d'un germoplasme dépend de sa capacité à régénérer en plantules à partir de nœuds munis de bourgeons, cals ou suspension cellulaire.

### MAINTIEN DANS DES CONDITIONS DE CROISSANCE STANDARD

Dans les conditions de culture standard (conditions ne faisant pas intervenir de facteurs propres à des conditions de croissance ralentie), les vitroplants peuvent être maintenus sans subculture pendant une durée plus courte que dans des conditions de culture ralentie. Cette conservation ne convient que pour un stockage temporaire des collections et en particulier pour des transferts et distribution de matériel (NG, 1991).

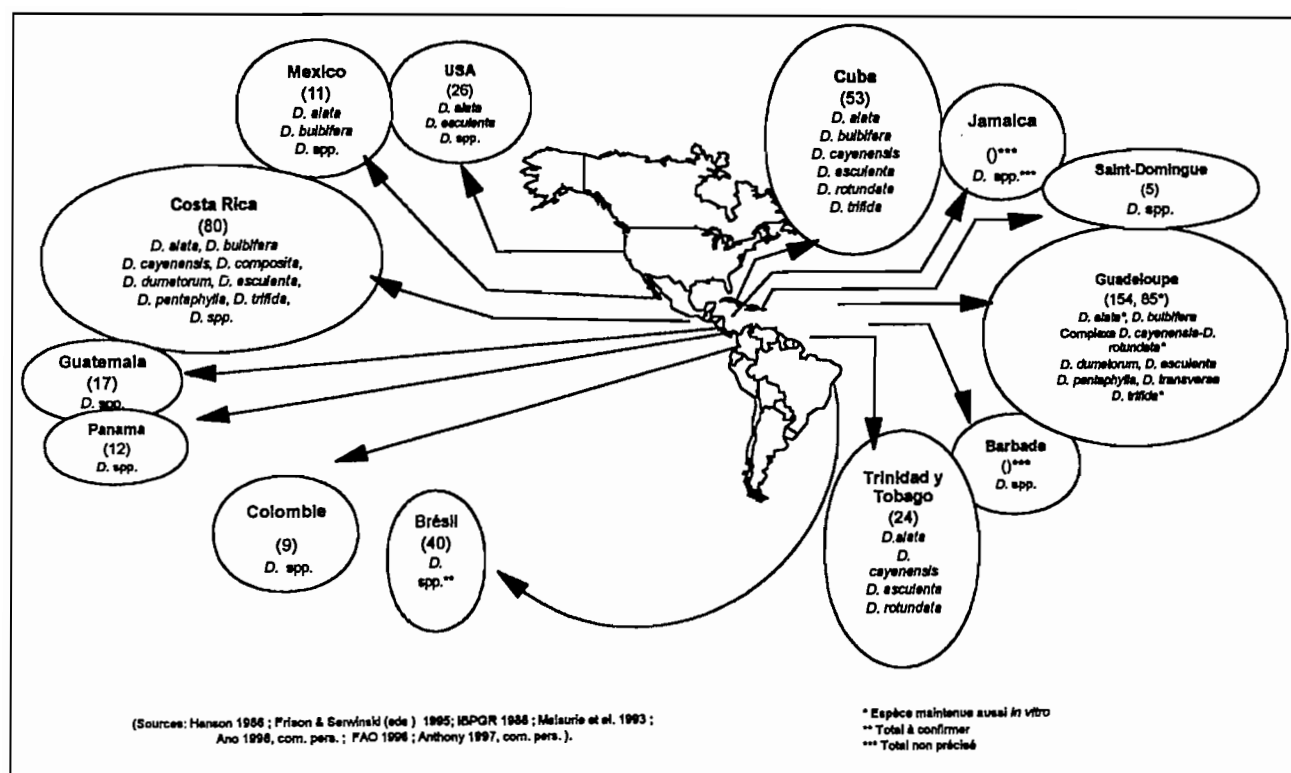


Figure 3. Pays du continent américain concernés par des collections d'ignames (espèces représentées et nombre total d'accessions au champ et *in vitro*\*).

L'igname est maintenue dans des conditions de croissance standard à travers différentes méthodes :

- micropropagation (microboutures nodales, culture d'apex, culture d'embryons zygotiques, embryogenèse somatique, organogenèse) ;
- tubérisation *in vitro* ;
- culture de cals, suspensions cellulaires et protoplastes.

Le microbouturage nodal permet d'obtenir de forts taux de multiplication (OOSAWA *et al.*, 1981 ; MITCHELL *et al.*, 1995a,b) et de maintenir sur des milieux de culture dépourvus de phytohormones des génotypes conformes aux plants mères (AMMIRATO, 1984). CHANDLER et HAQUE (1984) retracent à travers une revue bibliographique tous les travaux abordant les aspects de la propagation *in vitro* de l'igname. Ce même aspect est abordé par FURMANOWA et GUZEWSKA (1989) pour les espèces productrices de diosgénine. La régénération de plantules enracinées à partir de cals issus d'embryons zygotiques matures a été décrite par VIANA et MANTELL (1989) sur *D. composita* et *D. cayenensis*. ARNOLIN *et al.* (1991), obtiennent des plantules de *D. alata* et *D. cayenensis-D. rotundata* par culture d'embryons *in vitro*. La culture d'apex est utilisée pour la micropropagation de *D. opposita* Thunb. (Niwata *et al.*, 1983, KOBAYASHI, 1991 ; ARAKI *et al.*, 1992). Pour *D. alata* cv. oriental, les premiers stades de l'embryogenèse somatique ont été observés dans des cultures de protoplastes et des cultures d'explants (TWYFORD et MANTELL, 1990). Plus récemment, TWYFORD et

MANTELL (1996) montrent qu'il est possible d'obtenir la formation de plantules par embryogenèse somatique à partir d'agréats de cellules issus des régions subcorticales d'explants de racines du cv. oriental. Selon ces auteurs, la capacité de maîtrise du système de régénération, pour *D. alata*, permet trois types d'utilisation :

- la recherche des procédés d'embryogenèse somatique chez *Dioscorea* ;
- la production massive d'ignames indemnes de maladies par l'utilisation des semences artificielles ;
- la transformation génétique par introduction de gènes de résistance aux virus ou aux champignons selon les approches décrites par TOR *et al.* (1993), sur *D. alata*.

La régénération de plantules a été observée à partir de culture de cals de *D. alata* et *D. trifida* (FAUTRET *et al.*, 1988), ou à partir de suspension cellulaire de *D. opposita* (NAGASAWA et FINER, 1989). Récemment, ARAKI *et al.* (1992) décrivent une possibilité de propagation de *D. opposita* par production massive de cals, puis néoformations à partir de ces cals.

La tubérisation *in vitro* peut-être favorisée par différents facteurs en jouant sur le milieu de culture (présence de régulateurs de croissance, composition minérale, concentration en saccharose) et sur les conditions de culture (photopériode, thermopériode). Une liste non exhaustive de travaux en fonction des espèces et des sections est dressée :

- *D. abyssinica* (JEAN et CAPPADOCIA, 1991-1992 ; LAUZER *et al.*, 1992), *D. alata* (ESPIAND, 1983 ;

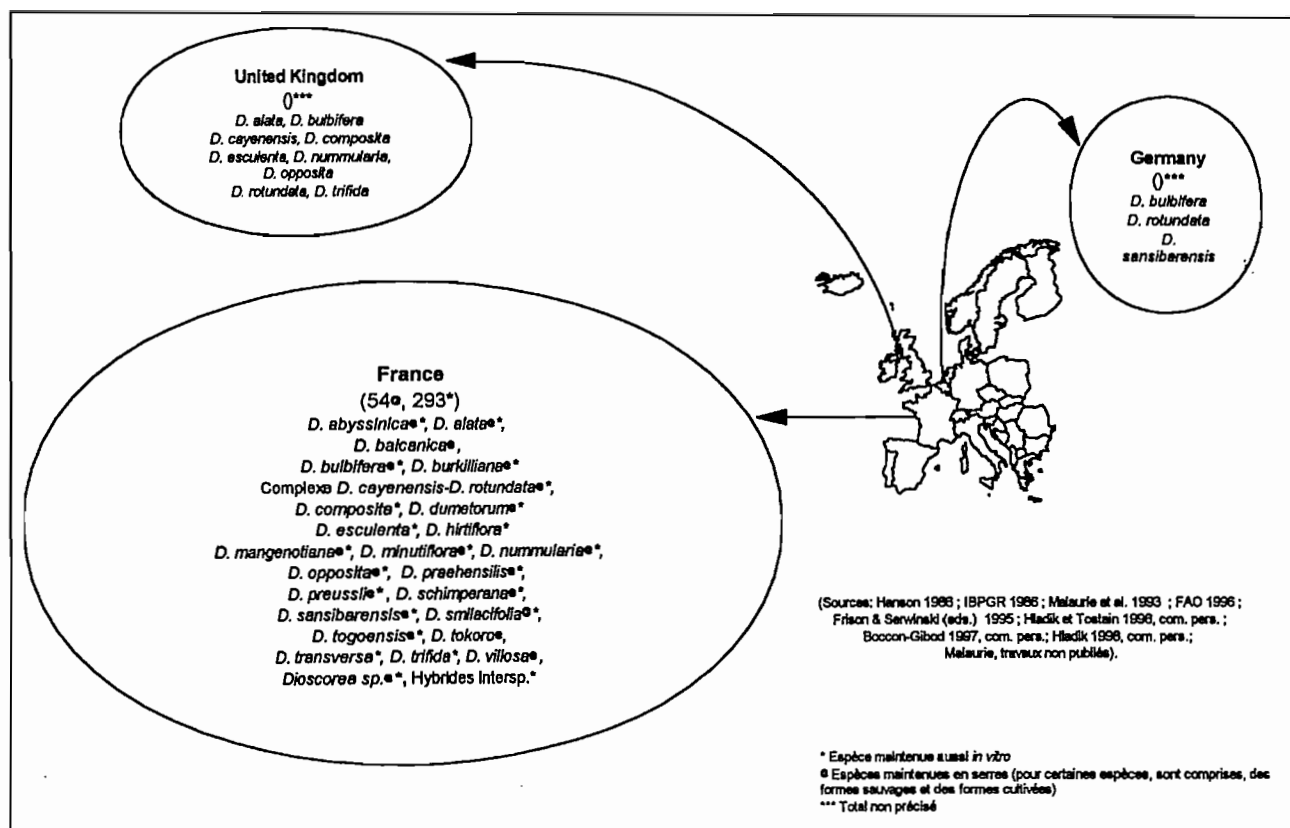


Figure 4. Pays d'Europe concernés par des collections d'ignames (espèces représentées et nombre total d'accessions en serres et *in vitro*\*).

LACOINTE et ZINSOU, 1987ab ; DALOUMAN, 1989, 1994 ; DALOUMAN *et al.*, 1992, 1993 ; JOHN *et al.*, 1993, MALAURIE *et al.*, 1993), *D. rotundata* (MANTELL *et al.*, 1978 ; NG, 1988) ;

– *D. bulbifera* (FORSYTH et Van STADEN, 1982-1984 ; MANTELL et HUGO, 1989, MALAURIE *et al.*, 1993) ;

– *D. floribunda* (SENGUPTA *et al.*, 1984), *D. opposita* (YAZAWA et ASAHIRA, 1979) ;

– *Dioscorea* sp. (MALAURIE *et al.*, 1993).

La tubérisation *in vitro* chez *D. esculenta*, non signalée par MALAURIE *et al.* (1993), a été observée par la suite au Lrgapt (Laboratoire des ressources génétiques et d'amélioration des plantes tropicales). Les réponses au photo-thermopériodisme semblent varier avec les espèces et avec la richesse du milieu en saccharose ; de plus, elles se traduisent soit par une plus ou moins grande précocité et/ou fréquence de tubérisation, soit par un nombre et une masse de microtubercules plus ou moins élevés.

La maîtrise des différents volets de la culture *in vitro* de l'igname, et surtout les phénomènes de régénération, peuvent faciliter le développement d'un programme de transformation génétique. Cette dernière orientation de la recherche a déjà permis la réalisation d'un nombre réduit de travaux sur l'igname (XINHUA *et al.*, 1986 ; SCHAFER *et al.*, 1987 ; TOR *et al.*, 1992-1993).

En conclusion, ces différentes méthodes de conservation dans des conditions de culture standard, décrites plus haut, présentent toutes leur spécificité, selon les organes ou tissus concernés. Les microboutures nodales sont utilisées, en routine, pour la conservation à court terme, la micropropagation et l'échange, alors que les apex ne le sont que pour la multiplication de certaines espèces d'ignames. La culture d'embryons zygotiques, l'embryogenèse somatique peuvent être utilisés dans des programmes liés à la compréhension des phénomènes physiologiques et biochimiques liés à l'embryogenèse. Mais, l'embryogenèse somatique pourrait aussi être intégrée à la production en masse d'ignames indemnes de maladies par la production de semences artificielles. La tubérisation *in vitro* peut être exploitée aussi bien dans des programmes de physiologie de la tubérisation que pour la conservation et à l'échange de matériel. Les cultures de cal, suspensions cellulaires et protoplastes correspondent plus à des études physiologiques, ou à la création de variabilité, ou de plantes transgéniques, et/ou de nouvelles variétés ou des souches performantes pour les ignames médicinales.

#### MAINTIEN DANS DES CONDITIONS DE CROISSANCE RALENTIE

Dans une revue bibliographique RAO et RILEY (1994) rapportent que pour la conservation des ressources génétiques des plantes, les cultures doivent être

maintenues à une croissance minimum ; ceci afin d'éviter les repiquages fréquents, qui augmentent les coûts de la conservation *in vitro*. Il y a, selon CHARRIER *et al.* (1991), WITHERS (1991), ENGELMANN (1991), plusieurs façons d'obtenir une croissance ralentie :

- choix du stade physiologique de l'explant ;
- addition d'agents osmotiques et/ou de ralentisseurs de croissance ;
- réduction de la température de stockage (4-10 °C pour les espèces tempérées et 15-25 °C pour les espèces tropicales) ;
- abaissement des concentrations des éléments minéraux et/ou du saccharose ;
- abaissement de la pression d'oxygène ;
- encapsulation dans de l'alginate.

La conservation dans des conditions de croissance ralentie peut être obtenue par une réduction de la température de culture, une mise au point du milieu de culture, ou la combinaison des deux méthodes (NG, 1991). Une croissance préalable dans des conditions standards de culture, avant leur transfert dans des conditions de croissance ralentie, s'est révélée très importante pour la conservation des plantes à tubercules (NG et HAHN, 1985).

Dans le cas de l'igname, la constitution et la conservation de vitrothèque sous la forme de microboutures nodales sont abordées une première fois par l'Ita (IITA, 1981 ; NG et HAHN, 1985). Ces derniers utilisent les températures de 18-22 °C, ceci permet de ne repiquer, la collection *in vitro* d'igname, que tous les 1,5 à 2 ans, et de maintenir, selon NG (1992), 1 000 accessions d'ignames (NG parle, en 1996, de 1 700 accessions, pour 6 à 7 espèces, com. pers.). L'addition de ralentisseurs de croissance, tel que le mannitol à 0,2 M, a été utilisée sur des apex de tige de *D. rotundata* pour en limiter la croissance (HENSHAW, 1982). HANSON (1986), dans une note se rapportant aux méthodes de stockage des collections de plantes à tubercules et en particulier, l'igname, fait le point des collections *in vivo* et *in vitro* de l'igname dans le monde. Cet auteur dresse aussi les différents types de collection et les recommandations de l'Ipagri qui lui correspondent :

- effectuer un nombre minimum de répétitions par génotype (au champ : 5 à 10 plantes pour chaque génotype, *in vitro* : 5 répétitions par clone et 100 pour une population hétérogène) ;
- dupliquer les collections (en 3 lieux différents pour les collections en champ, en plusieurs sites, de préférence dans d'autres pays pour les collections *in vitro* ;
- étudier le comportement des graines de différentes espèces pour optimiser leur conservation ;
- développer des conditions de croissance ralentie permettant de ne repiquer les collections que tous les 2 ans ;

- orienter la conservation vers une conservation à long terme dans l'azote liquide ;
- combiner les différentes méthodes de conservation pour une meilleure sécurité.

Sur le plan africain, ACHEAMPONG (1988) et OKOLI (1991) dressent les avantages des collections *in vitro* ou *in vivo* d'ignames ou de plantes à tubercules, alors que PATHIRANA (1991), au Sri Lanka, observe les modes de conservation *in vivo-in vitro*, de *D. alata*. MALAURIE *et al.* (1993) sont les premiers à faire un état des problèmes rencontrés lors de l'établissement et du maintien d'une collection *in vitro* d'igname, dans des conditions de croissance ralentie, sous la forme de microboutures nodales, utilisant un milieu minéral pauvre et une faible concentration en sucre. La collection comprenait 14 espèces d'Afrique et d'Asie, incluant les variétés comestibles de la zone intertropicale humide. A partir de 1990, d'autres espèces ont été introduites *in vitro* au laboratoire des ressources génétiques et d'amélioration des plantes tropicales (Lrgapt) du centre Orstom de Montpellier (*D. pentaphylla* L., *D. preussi* Pax., *D. sansibarensis* Pax., *D. smilacifolia* De Wild., *D. transversa* Br., *D. trifida* L.) et par un nombre d'accessions d'origines différentes pour certaines espèces (TOSTAIN, com. pers.) (tableau IV). Cet apport nouveau a été réalisé par l'envoi de tubercules (Cirad-ca) ou de fragments de tiges prélevés sur la collection de Mme Hladik, maintenue en serre (Muséum national d'histoire naturelle, Brunoy). La conservation *in vitro* des principaux cultivars des Caraïbes, de la zone Pacifique et de l'Afrique de l'Ouest, pour les espèces *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. cayenensis*, *D. esculenta*, *D. rotundata* et *D. trifida*, a été citée par MANTELL (1993). Ce dernier rapporte qu'il a pu conserver ce matériel sur une durée de 15 ans, cependant, cette conservation a été réalisée dans des conditions de culture standard. La décontamination du matériel introduit reste pour certains cultivars de *D. rotundata* un problème important nécessitant l'utilisation de fongicides et d'antibiotiques (NGALA, 1989).

### Conservation à long terme : la cryoconservation

La conservation à long terme correspond à la cryoconservation, c'est-à-dire à la conservation dans de l'azote liquide à - 196 °C. La cryobiologie végétale, qui a débuté en 1971 avec les travaux de LATTA sur des suspensions cellulaires de carotte, a bénéficié des résultats réalisés dès 1949 (POLGE *et al.*), sur les cellules animales.

Le but de ces techniques est de pouvoir contrôler les flux d'eau et la formation des cristaux de glace, pour tendre vers un état vitreux, état permettant d'éviter la recristallisation pendant le réchauffement, et ainsi de permettre à la cellule de résister aux chocs thermiques.

**Tableau IV.** Espèces d'ignames introduites *in vitro* (Lrgapt, Orstom, Montpellier).

Espèces	Nombre d'accessions
<i>D. abyssinica</i> Hochst. Ex Kunth	6
<i>D. alata</i> L.	91
complexe <sup>(1)</sup> <i>D. cayenensis</i> Lamk. <i>D. rotundata</i> Poir.	63
<i>D. burkilliana</i> J. Miège	11
<i>D. dumetorum</i> (Kunth) Pax.	2
<i>D. esculenta</i> (Lour.) Burk.	10
<i>D. hirtiflora</i> Benth.	1
<i>D. mangelotiana</i> J. Miège	15
<i>D. minutiflora</i> Engl.	2
complexe <sup>(2)</sup> <i>D. opposita</i> Thunb. <i>D. japonica</i> Thunb.	1
<i>D. praeheensis</i> Benth.	17
<i>D. preussii</i> Pax	1
<i>D. sansibarensis</i> Pax	1
<i>D. schimperana</i> Hochst. Ex Kunth	1
<i>D. smilacifolia</i> De Wild	2
<i>D. togoensis</i> Knuth	8
<i>D. transversa</i> Br.	1
<i>D. trifida</i> L.	2

(1). Le regroupement des espèces *D. cayenensis* et *D. rotundata* en un complexe a été proposé par AYENSU et COURSEY (1972) ; MARTIN et RHODES (1978) ; MIEGE (1982).

(2). Le regroupement des espèces *D. opposita* et *D. japonica* en un complexe a été proposé par TANAKA (1977).

L'apport de cryoprotecteurs vont provoquer cette sortie d'eau par osmose, sortie d'eau d'autant plus rapide que la concentration en cryoprotecteurs est forte. L'apport de sucres permet, en plus de cette osmose, la protection des membranes et des sites enzymatiques, qui lui sont liés, des lésions dues au froid.

#### TECHNIQUES CONVENTIONNELLES DE CRYOCONSERVATION, OU CONGÉLATION LENTE

Les techniques qui ont été développées dans les années 60 à 80 ont permis la congélation de nombreuses espèces végétales (SAKAI, 1984). Elles reposent sur la congélation progressive, en deux étapes (0 °C à -40 °C, puis -40 °C à -196 °C) et l'emploi de solutions contenant des agents cryoprotecteurs provoquant la déshydratation des cellules par cristallisation extracellulaire. Ces techniques nécessitent un ajustement empirique des conditions expérimentales en fonction de l'espèce, des types cellulaires à conserver, rendant difficile la congélation des apex ou des embryons constitués de différents tissus et sont plus adaptées aux suspensions cellulaires (tableau V).

#### TECHNIQUES NOUVELLES DE CRYOCONSERVATION

A la différence des techniques précédentes, qui font appel à une déshydratation par cristallisation extracellulaire, les nouvelles techniques vont permettre d'obtenir une déshydratation cellulaire préalable à la congélation. Elles sont caractérisées par un abaissement rapide à très rapide de 400 °C à 1 100 °C/min,

permettant de passer directement des conditions de température ambiante à la température de l'azote liquide, avec l'utilisation de cryoprotecteurs en concentration élevée dans le cas de la « vitrification » (URAGAMI *et al.*, 1989 ; LANGIS *et al.*, 1989 ; TANNOURY *et al.*, 1991), et, d'autre part, une dessiccation, sous flux d'air ou en présence de silica gel, d'extrémités apicales nues prétraitées en présence d'acide abscissique (URAGAMI, 1993) ou enrobées dans un gel d'alginate de calcium dans le cas « d'encapsulation/déshydratation » (DEREUDRE *et al.*, 1990 ; FABRE et DEREUDRE, 1990), et sur des semences artificielles (DEREUDRE *et al.*, 1991). Elles sont plus adaptées pour la cryoconservation d'apex ou d'embryons constitués de différents tissus (tableau V).

Dans la revue bibliographique de MALAURIE et TROUSLOT (1995), la plupart des articles abordant les aspects de cryoconservation ont été réalisés sur des suspensions cellulaires d'ignames médicinales. *D. deltoïdea* reste de loin la plus utilisée (BUTENKO *et al.*, 1984 ; POPOV *et al.*, 1984 ; POPOV et FEDOROVSKII, 1992 ; POPOV et VOLKOVA, 1994). Plus récemment, CHULAFICH *et al.* (1994) font état de reprise de croissance, après immersion rapide dans l'azote liquide, des cals de *D. balcanica* Kosanin et de *D. caucasica* Lipsky. Ces auteurs présentent la cryoconservation comme un moyen de salut pour ces ignames endémiques.

Il faut attendre 1996 pour voir les premiers travaux de cryoconservation à partir d'ignames comestibles. Deux équipes différentes ont appliqué la technique d'encapsulation-déshydratation sur plusieurs espèces

**Tableau V.** Conservation à long terme dans l'azote liquide (-196 °C).

Etapas	Techniques conventionnelles		Nouvelles techniques	
		Dessiccation (flux d'air)	Vitrification	Encapsulation/déshydratation
Encapsulation				+
Prétraitement saccharose	+/-	+ (+ABA)		+
Cryoprotecteur	+		++++	
Dessiccation		+		+
Congélation lente	+ 0 °C à - 40 °C (0.3 à 1 °C/min)			
Congélation rapide	+ -40 °C à -196 °C (200 °C/min)	+25 °C à - 196 °C (720 °C/min)	+25 °C à - 196 °C (400 à 1 100 °C/min)	+25 °C à - 196 °C (720 °C/min)
Réchauffement	500 °C/min	120 °C/min	120 °C/min	120 °C/min

Source : URAGAMI, 1993.

d'ignames maintenues *in vitro*. MANDAL *et al.* (1996), comparent les capacités de survie d'apex de quatre espèces d'igname, dont deux cultivées (*D. alata*, *D. bulbifera*), une sauvage mais comestible (*D. wallichii* Hook. f.) et une médicinale (*D. flori-bunda*), soumises au stress de cette technique. Les quatre espèces présentent un taux de survie allant de 26 à 71 %, selon les espèces. Seules, *D. wallichii* et *D. alata* ont permis d'obtenir un développement en pousses feuillées, avec respectivement 37 et 21 %. D'autres auteurs MALAURIE et TROUSLOT, 1997 ; MALAURIE *et al.*, 1998a,b) obtiennent quant à eux des taux de survie supérieurs à 50 % pour les clones des deux espèces utilisées (*D. alata*, *D. bulbifera*). Le développement en pousses feuillées est observé dans les deux cas, avec des taux de reprise d'au moins 50 % pour *D. bulbifera* et 20 % pour *D. alata*.

En conclusion, en reprenant les recommandations de l'Ipgr, la conservation de germoplasme chez les ignames doit combiner les différentes méthodes de conservation pour une meilleure sécurité, sachant que :

- un autre type de conservation (conservation *in situ*) pourrait être développé ;
- les recherches sur le stockage des graines restent à approfondir ;
- les résultats obtenus sur la cryoconservation de deux génotypes restent à appliquer à un nombre de génotypes plus représentatif de la diversité pour permettre une application en routine au stockage de collections (tableau VI) ;
- la conservation *in vitro* sous la forme de banques actives devrait pouvoir être utilisée pour la distribution de matériel aux utilisateurs et/ou pour établir des collections aux champs (ENGELS, 1993).

## Caractérisation et évaluation

La caractérisation et l'évaluation de collections se découpent en deux volets : une étude de la diversité et une stratégie de la conservation des échantillons. La caractérisation et l'évaluation reposaient par le passé, uniquement sur des caractères morphologiques, puis sur des caractères biochimiques, comme l'utilisation d'isozymes. Cependant, cette dernière présente le désavantage de ne pas convenir à des criblages à grande échelle.

DODDS et WATANABE (1990) reconnaissent 4 domaines où la biologie moléculaire peut permettre la caractérisation :

- identification des génotypes, duplicat d'accessions compris ;
- caractérisation des génotypes par *fingerprinting* ;
- analyse de la diversité génétique au sein d'une collection ;
- création d'une *core collection*.

Ces dernières années, de nombreuses méthodes ont été utilisées pour l'étude des variations de la séquence des nucléotides :

- *restriction fragment length polymorphism* (Rflp) ;
- *Random amplified polymorphic Dna* (Rapd) ;
- *Variable number of tandem repeats* (Vntrs) ;
- *Polymerase Chain Reaction* (Pcr / sequencing) ;
- *Allele-specific polymerase chain reaction* (Aspcr) ;
- *Denaturing/temperature gradient electrophoresis* (Dgge /Tgge).

Sur l'igname, les premiers travaux de caractérisation se sont tout d'abord intéressés aux collections et matériel maintenu *in vivo* (HAMON et TOURE, 1990 ; TERAUCHI *et al.*, 1993 ; RAMSER *et al.*, 1996 ; ASEMOTA *et al.*, 1996).



**Tableau VI.** Avantages, désavantages et disponibilité de germoplasme d'igname.

		Conservation au champ	Conservation de graines	Conservation <i>in vitro</i>		
				court terme	moyen terme	long terme
Avantages	simplicité	+++				
	large application	+++				
	diversité génétique		+++			
	sans virus		+++			
	faible coût			+++	+++	+++
	distribution			+++	+++	
Désavantages	érosion génétique	—				
	coût élevé	—				
	gestion difficile	—				
	non identique aux parents		—			
	forme des tubercules		—			
	dormance		—			
Utilisation expérimentale			+			++
Utilisation en routine		+++		+++	+++	

Des marqueurs isozymiques (peroxidase, phosphatase) ont été utilisés afin de caractériser des clones maintenus *in vitro* : à partir de pousses feuillées de *D. alata*, *D. cayenensis-D. rotundata*, *D. esculenta* et *D. bulbifera* (TWYFORD *et al.*, 1990). MANTELL (1993) précise que l'application de ces méthodes à d'autres espèces (*D. composita*, *D. japonica*, *D. olfersiana*, *D. spiculiflora*, *D. trifida*) est confirmée. D'autres travaux (MALAURIE, travaux non publiés ; anon., 1996), utilisent d'autres marqueurs isozymiques (Icd, Mdh, Pgd, Pgi, Pgm, Sdh) à partir de feuilles prélevées sur des vitroplants de *Dioscorea* sp. Ultérieurement, MUZAC-TUCKER et AHMAD (1995) vont procéder à l'identification et à l'étude du polymorphisme de 12 cultivars d'igname, à l'aide de rDna et de Pcr, à partir de vitroplants.

En conclusion, le matériel conservé au champ permet d'être caractérisé par l'utilisation de descripteurs morphologiques et de marqueurs moléculaires. Les autres modes de conservation (sous la forme de graines, *in vitro* à court et moyen terme), doivent compléter leur caractérisation à partir de descripteurs morphologiques par une caractérisation à partir de marqueurs moléculaires. Le matériel conservé *in vitro* à long terme n'est pas utilisable immédiatement et nécessite sa sortie préalable des conditions aseptiques pour sa caractérisation et son évaluation (tableau VII). La caractérisation du matériel concerné est nécessaire pour définir des collections de taille limitée, ou *core-collection*, pour la constitution desquelles le laboratoire a développé des réflexions approfondies (HAMON *et al.*, 1995 ; DUSSERT *et al.*, 1997).

## Indexation et traitement des maladies

### Identification des pathogènes

Les conditions d'asepsie du matériel végétal maintenu *in vitro* réduisent considérablement les risques d'introduction de ravageurs ainsi que les risques de contamination par une bactérie ou un champignon. L'identification des pathogènes en culture *in vitro* se cantonne donc à l'identification des virus ou autres « viroïdes ».

Selon la note technique sur les consignes relatives au transfert de matériel sain de germoplasme d'igname (FAO-IBPGR, 1989), plusieurs types de virus ont été observés sur l'igname et les méthodes d'identifications qui leur correspondent soulignées :

- le *Chinese yam necrotic mosaic virus* (CYNMV), est observé uniquement au Japon sur le complexe *D. opposita-D. japonica* Thunb. (SHIRAKO et EHARA, 1986) ; c'est un virus filamenteux de 12-13 x 660 nm transmis par des pucerons, qui est facilement détecté et identifié par *electro-blot immunoassay* ;
- le virus de la mosaïque du concombre (CMV), particule isométrique de 30 nm, observé sur un grand nombre d'espèces à travers le monde et sur *D. alata* en Afrique de l'Ouest (FAUQUET et THOUVENEL, 1987) et en Guadeloupe (BALAGNE, 1985) ; il est identifiable par transmission mécanique sur plante hôtes ou par *Enzyme-linked immuno-sorbent assay* (ELISA) ou *Immunosorbent electron microscopy* (ISEM) ;
- *Dioscorea alata virus* (= *Yam virus*), appartenance possible au groupe des Potyvirus avec des particules constituées de filaments flexueux d'environ 12 x 750 nm ; il coïncide avec la culture de *D. alata* (HUGHES, 1986) ;



**Tableau VII.** Caractérisation et évaluation.

		Descripteurs morphologiques	Marqueurs moléculaires
Conservation au champ		+	+
Conservation de graines		0	+
Conservation <i>in vitro</i>	court terme	(+/-) <sup>(1)</sup>	+
	moyen terme	(+/-) <sup>(1)</sup>	+
	long terme	0	0 <sup>(2)</sup>

(1). Une partie des descripteurs morphologiques pourront être utilisés au stade *in vitro*, les autres ne pourront être validés qu'après leur sevrage en serre.

(2). La caractérisation par marqueurs moléculaires du matériel cryoconservé ne pourra être effective qu'après leur régénération en vitroplant.

– le *Dioscorea bacilliform virus*, provoque des chloroses interveinales de la feuille chez *D. bulbifera* et est associé aux *Internal Brown Spotting* des tubercules de *D. alata* cv White Lisbon et du complexe *D. cayenensis-D. rotundata* (HARRISON et ROBERTS, 1973 ; MANTELL et HAQUE, 1979) ; c'est un virus de type bacilliforme de 28 x 130 nm. Le virus est transmis par la sève aux plantules de *D. bulbifera* ; il est identifié par Elisa et Isem ;

– le *Dioscorea latent virus* se distingue par l'absence de symptôme en réinfection mécanique sur les ignames de l'espèce dont il a été extrait ; c'est un potexvirus filamenteux de 11 x 485 nm, présent chez *D. floribunda* et *D. composita* (PHILLIPS et BRUNT, 1988) ; il provoque de faibles jaunissements sur les feuilles et peut-être transmis par la sève à *Nicotiana* ; son identification peut être réalisée par Elisa et Isem (HEARON, et al., 1978) ;

– le *Yam Mosaic Virus* (YMV) — différent du *Yam Mild Mosaic Virus* (YMMV), travaux de détection et de caractérisation de MUMFORD et SEAL (1997) et LPRC (travaux non publiés) — provoque les plus gros dégâts sur le complexe *D. cayenensis-D. rotundata* et *D. esculenta* (THOUVENEL et FAUQUET, 1986), *D. alata* (THOUVENEL et DUMONT, 1990) en Afrique de l'Ouest, sporadiquement sur *D. alata* dans le Pacifique Sud (THOUVENEL et FAUQUET, 1986 ; PORTH et al., 1987) et dans les Caraïbes sur *D. trifida* (MIGLIORI et CADILHAC, 1976) et occasionnellement sur *D. alata* et le complexe *D. cayenensis-D. rotundata* (MARCHOUX, 1980) ; le virus, filament flexueux de 12 x 750 nm est du groupe des potyvirus, son identification se fait par transmission mécanique sur des plantes indicatrices (*N. benthamiana*) ou par tests sérologiques Elisa ou Isem.

Une indexation systématique des clones introduits a été réalisée par Elisa, pour le YMV (MALAURIE et THOUVENEL, 1988 ; MALAURIE et al., 1988a,b ; CHARRIER et HAMON, 1991), lors de l'établissement de la collection *in vitro* d'igname au laboratoire de biotechnologie de l'Orstom, ultérieurement lirsda, à Adiopodoumé, en Côte d'Ivoire.

Depuis la note technique sur les consignes relatives au transfert de matériel sain de germoplasme d'igname (FAO-IBPGR, 1989), l'indexation de la collection de vitroplants d'igname du Lrgapt-Orstom a permis de mettre en évidence d'autres virus. Cette indexation a été entreprise dès le dernier trimestre 1991 (convention Cee Std 2). Elle a été réalisée par l'utilisation de tests sérologiques de type Elisa, utilisant des anticorps polyclonaux pour la recherche de plusieurs virus, ainsi que par microscopie électronique et par inoculation mécanique, à une gamme d'hôtes sensibles, pour certains cas. On a détecté chez certains vitroplants un virus sérologiquement relié au Pvx, chez d'autres vitroplants des virus reliés sérologiquement au Cmv et au pvy (DUBERN et al., 1993a,b ; DUBERN, 1994 ; LRGAPT, 1993) ; les tableaux VIII a,b,c, en donne la répartition par espèce et par groupe d'affinité au sein de certaines espèces, pour le Ymv, et montre la quasi absence de ce virus chez les *D. alata* testées (tableaux VIII b,c). Les résultats de l'indexation présentent plusieurs cas douteux, quand les réactions sérologiques étaient à la limite du seuil de sensibilité ou de spécificité, ou lorsque les tests se sont révélés positifs une fois et négatifs la fois suivante (ou inversement). Ces résultats pourraient-ils être expliqués par une perte du virus lors de certains repiquages, le virus n'étant pas complètement systémique dans la plante ? En fait il n'en serait rien, tout au moins pour le Ymv, si l'on se rapporte à l'indexation de la collection d'igname menée en 1993 (LRGAPT, 1993), où les résultats obtenus pour le YMV ont été identiques à ceux de l'indexation 1988-89 (MALAURIE et THOUVENEL, 1988 ; MALAURIE et al., 1988a,b). Cependant les difficultés d'appréciation rencontrées dans certains cas doivent être levées. L'utilisation de techniques plus sensibles peut résoudre en partie ces problèmes.

Dans une revue bibliographique, MATHEWS (1993) fait le point sur toutes les techniques de diagnostic. Pour certains virus, spécialement ceux difficilement caractérisables, il peut être utile d'appliquer d'autres techniques de diagnostic. C'est pourquoi, suite aux limites d'utilisation des anticorps polyclonaux dirigés

**Tableau VIIIa.** Etat phytosanitaire, vis-à-vis du Ymv, des différents groupes appartenant au complexe *D. cayenensis*- *D. rotundata* observés dans la collection *in vitro* d'igname (Lrgapt, Orstom, Montpellier<sup>(1)</sup>).

Groupes <sup>(2)</sup>	Clones indexés	Clones sains (-)	Clones virosés (+)	Clones douteux (-) ou (+)	Clones une fois (-) et une fois (+)
Baniakpa	1	1			
Cocoassié	1			1	
Frou	1				1
Gnan	1	1			
Kangba	8	2	4	1	1
Krenglé	3	1	1	1	
Lokpa	1				1
Sopéré	1	1			
Soussou	1	1			
Yaobadou	2		1	1	
Non encore identifiés					
Bénin	4	1		1	2
Brésil	3	1		1	1
Cameroun	8	1	2	2	3
Guadeloupe	2				2
Nouvelle-Calédonie	2		1		1
Indéterminés	12	5	2	2	3
Total	51	15	11	1	15

(1). (PINEL, DUSSERT, CHABRILLANGE, DUBERN, MALAURIE, travaux non publiés).

(2). Les différents groupes ont été décrits par HAMON *et al.*, (1986).

**Tableau VIIIb.** Etat phytosanitaire, vis-à-vis du YMV, des différents groupes appartenant à *D. alata* observés dans la collection *in vitro* d'igname (Lrgapt, Orstom, Montpellier<sup>(1)</sup>).

Groupes <sup>(2)</sup>	Clones indexés	Clones sains (-)	Clones une fois (-) et une fois (+)
N'za (chair violette)	20	20	
Bété Bété (chair blanche)	19	19	
Non encore identifiés			
Cameroun	1	1	
Côte d'Ivoire	15	15	
Brésil	7	7	
Gabon	2	2	
Nigeria	2	2	
Nouvelle-Calédonie	6	6	
Philippine	1	1	
Porto Rico	2	1	1
Togo	1	1	
Total	76	75	1

(1). (PINEL, DUSSERT, CHABRILLANGE, DUBERN, MALAURIE, travaux non publiés)

(2). Les groupes Nza et Bété Bété sont spécifiques de la Côte d'Ivoire.

contre un isolat du Ymv (GOUDOU-URBINO, 1995, GOUDOU-URBINO *et al.*, 1996a), BOUSALEM (1995) a utilisé différents tests de diagnostic : Mab-Mab (coating-conjugué), *transcription reverse* (Rt-Pcr) / *Polymerase Chain Reaction*. Cette dernière technique a été réalisée à partir d'Arn viral purifié. Si cette étude moléculaire aboutit à la mise en évidence de souches distinctes du Ymv, la production d'anticorps monoclonaux et la mise au point d'amorces spécifiques utilisables en Immunocapture (Ic)/Rt-Pcr constitueront les

principaux outils de détection et de caractérisation (BOUSALEM, 1995). Le test à partir d'anticorps monoclonaux, est en effet plus sensible, en raison d'un « bruit de fond » réduit. En revanche, il est peut-être plus spécifique, un isolat au moins n'étant pas reconnu avec l'anticorps monoclonal utilisé, alors qu'il l'est avec le polyclonal. Par ailleurs, des travaux sur la caractérisation moléculaire et la diversité moléculaire chez le potyvirus de la mosaïque de l'igname ont été développés dans les laboratoires de

l'Iltab/Orstom-Tsri (ALEMAN 1996 ; ALEMAN *et al.*, 1996 a,b) et du Lprc (BOUSALEM, 1995 ; GOUDOU-URBINO *et al.*, 1997).

### Elimination des pathogènes

Un certain nombre de techniques pour l'élimination des virus a été utilisé chez l'igname : culture de méristème et thermothérapie et/ou chimiothérapie.

#### CULTURE DE MÉRISTÈMES

Depuis GREWAL *et al.*, (1977) et MANTELL *et al.*, (1980), d'autres travaux ont été effectués sur *D. alata* et *D. rotundata* (CORTES-MONLLOR et LI I-JANG, 1983 ; NG et HAHN, 1985 ; NG, 1992), puis sur *D. trifida* (SALEIL, 1986 ; SALEIL *et al.*, 1990), *Dioscorea* sp. (CORTES MONLLOR *et al.*, 1982 ; MALAURIE et THOUVENEL, 1988 ; MALAURIE *et al.*, 1988a,b ; MALAURIE *et al.*, 1992), *D. japonica* (MIKAMI, 1984) et *D. opposita* (MATSUBARA et ISHIHARA, 1988 ; KOBAYASHI, 1991). En 1995, MALAURIE *et al.*, étudient d'une part, les effets de la concentration de régulateurs de croissance (1995 a), d'autre part, les effets de la taille et de la position (1995 b), sur le développement morphologique de méristèmes excisés d'un génotype de *D. praehensilis* et d'un clone du complexe *D. cayenensis-D. rotundata*.

Les travaux faisant état d'une élimination de virus par culture de méristèmes, après utilisation de techniques de diagnostic, sont ceux de SALEIL *et al.*, (1990) sur

*D. trifida* et MANTELL *et al.*, (1980) sur *D. alata*. SALEIL *et al.*, confirment l'obtention de plantes indemnes de Ymv, après contrôle Elisa, avec un taux de 27 %, déterminé à partir du total des plantes indexées. MANTELL *et al.*, confirment l'obtention de plantes indemnes de *flexuous rod viruses*, après contrôle par microscopie électronique, mais ne précisent pas le taux de plantes assainies. Faisant suite aux cultures de méristèmes réalisées par MALAURIE *et al.*, (1995 a,b) les effets de la taille et du niveau de prélèvement des méristèmes sur le taux de réussite dans l'obtention de plantules saines ont été étudiés. La production de microboutures indemnes de Ymv pour un clone du complexe *D. cayenensis-D. rotundata* et un clone de *D. praehensilis* a été respectivement de 76 et 17 %, déterminé à partir du total des plantes indexées (MALAURIE, travaux non publiés).

#### THERMOTHÉRAPIE ET/OU CHIMIOTHÉRAPIE

L'éradication de viroses a été tentée par thermothérapie sur des microboutures (BALAGNE, 1985) ou des cultures d'apex (SALAZAR et FERNANDEZ, 1988) de l'igname américaine *D. trifida*. L'influence de la température (37 °C) et d'un agent antiviral (virazole), sur l'obtention de plantes indemnes de virus de l'igname (Ymv), a été étudiée sur des microboutures nodales virosées de *D. praehensilis* (MALAURIE, travaux non publiés). Une même influence a été étudiée sur des méristèmes isolés de deux clones virosés de

Tableau VIIIc. Etat phytosanitaire des différentes espèces présentes dans la collection *in vitro* d'igname, et indexées vis-à-vis du Ymv (Lrgapt, Orstom, Montpellier)<sup>(1)</sup>.

Espèces	Clones indexés	Clones sains (-)	Clones virosés (+)	Clones douteux (-) ou (+)	Clones une fois (-) et une fois (+)
<i>D. abyssinica</i>	5	4	1		
<i>D. alata</i>	76	75			1
<i>D. bulbifera</i>	8	7		1	
<i>D. burkilliana</i>	7	7			
Complexe					
<i>D. cayenensis-D. rotundata</i>	51	15	11	10	15
<i>D. dumetorum</i>	2	1		1	
<i>D. esculenta</i>	9	8	1		
<i>D. hirtiflora</i>	1	1			
<i>D. mangelotiana</i>	13	12			1
<i>D. praehensilis</i>	3	3			
<i>D. schimperana</i>	1	1			
<i>D. togoensis</i>	7	7			
<i>D. trifida</i>	2		2		
<i>D. transversa</i>	1	1			
Hybride Interspécifique :					
<i>D. praehensilis</i> x complexe					
<i>D. cayenensis-D. rotundata</i> , cv. Krenglé	14	13	1		
Total	200	155	16	12	17

(1). (PINEL, DUSSERT, CHABRILLANGE, DUBERN, MALAURIE, travaux non publiés).

*D. praezensilis* et du complexe *D. cayenensis*-*D. rotundata* cv *Kouba* (MALAURIE, travaux non publiés). Pour MANTELL *et al.*, (1980), l'utilisation de la thermothérapie (14 jours de flux d'air chaud à 36 °C) a été réalisée sur plantes mères, *in vivo*, avant l'excision des méristèmes. L'action de la seule chimiothérapie (vidarabine, ribavirin), appliquée sur des microboutures nodales de *D. alata* cv *Kinabayo*, infectées par un potyvirus, a été décrite par MANTELL (1993). La production de plantules indemnes de virus est obtenue, pour ce cultivar, 210 j après la mise en culture, avec 3 subcultures de 60, 120 et 30 j sur un milieu composé de 2 phases liquide/solide renfermant  $10^{-5}$  M d'agent antiviral.

D'autres techniques d'élimination des virus ou assimilées ont été décrites dans la littérature, leur utilisation pourrait présenter un intérêt pour l'igname.

#### ELECTROTHÉRAPIE

L'électrothérapie consiste à soumettre des plantes à un champ électrique de quelques milliampères pendant quelques minutes. Elle est citée dans la littérature pour la première fois en 1978 (JOSE-GUERERO, cité par LOZOYA-SALDANA *et al.*, 1996) dans une thèse sur les techniques d'élimination des virus de plantes. Il faut attendre 1980 pour voir cette technique utilisée pour l'obtention d'amandiers indemnes de virus (QUACQUARELLI *et al.*, cités par LOZOYA-SALDANA *et al.*, 1996). En 1996, LOZOYA-SALDANA *et al.*, appliquent cette technique à des apex de pomme de terre pour l'élimination du virus X. D'après ces auteurs, un traitement de 15 mA pendant 5 minutes suffit pour obtenir un pourcentage de plantes indemnes de virus de 60-100 %, comparé au 25-40 % par thermothérapie.

#### MICROGREFFAGE D'APEX

Sur la vigne, certaines variétés totalement virosées ont été assainies par microgreffage d'apex, normalement exempt de particules virales, sur microbouture constituée par une pousse de semis de pépin (AYUSO et PENA-IGLESIAS, 1978 ; BENIN et GRENNAN, 1984). Cette technique a été appliquée à d'autres plantes pour l'élimination de particules virales, comme chez le cerisier (DEOGRATIAS *et al.*, 1986).

Pour l'igname, une telle technique de microgreffage pourrait être envisagée, le Ymv n'étant pas transmis à partir de graines de *D. cayenensis* (THOUVENEL et FAUQUET, 1979).

En conclusion, les travaux sur l'éradication de viroses, utilisant les techniques de culture de méristèmes, thermothérapie, chimiothérapie, associées à la culture de méristèmes ou à la culture de microboutures, ont conduit, pour la plupart, à une éradication plus ou moins importante des virus observés. Cependant, si l'on veut appliquer en routine des techniques

d'éradication à un plus grand nombre de génotypes, dans le cadre d'une sanitation de germoplasme, une reprise de travaux est fortement souhaitée associant aux techniques précédemment citées les nouvelles techniques d'électrothérapie et de microgreffage. Cette dernière étant appliquée, en routine, sur la sanitation de la vigne (tableau IX ab).

## Distribution et échange

L'échange de germoplasme peut se faire, soit à partir de matériel non aseptique (tubercules, bulbilles, graines, boutures de nœuds), soit à partir de matériel maintenu dans des conditions de culture *in vitro* (microboutures nodales, microtubercules ou microbulbilles, culture d'apex, embryons zygotiques ou somatiques, cals et suspension cellulaires). Différentes notes en dressent les possibilités et les recommandations (FAO/IBPGR, 1989 ; HASAN et TAKAGI, 1995 ; IBPGR, 1988 ; JACKSON *et al.*, 1984 ; NG, 1988).

### Distribution et échange de matériel non aseptique

Cette procédure utilisée nécessite de respecter des consignes contraignantes liées à la quarantaine : lavage pour éliminer toute particule de sol, fumigation ou trempage dans un insecticide — carbaryl/malathion — et traitement dans un fongicide, et vérifications de l'état phytosanitaire.

L'échange de germoplasme chez les ignames a été réalisé par le passé sous la forme de tubercules en respectant les mesures de quarantaine. L'un des premiers exemples de transfert de collection sous la forme de tubercules d'igname est celui réalisé par MARTIN en 1974 de la collection du *Mayaguez Institute of Tropical Agriculture* (MITA) de Porto Rico vers l'Irat et l'Orstom de Côte d'Ivoire (ORSTOM, 1976 ; DEGRAS, 1986). La constitution d'une collection *in vitro* d'igname a été réalisée à 82 % à partir de boutures nodales prélevées sur des tubercules à leur levée de dormance provenant du Brésil, Cameroun, Guadeloupe, Nouvelle-Calédonie, Martinique et Porto Rico. Par la suite, la collection dupliquée au Lrgapt (MALAURIE *et al.*, 1993) a été enrichie par l'envoi de tubercules du Bénin, du Gabon et de Mélanésie.

L'échange de matériel végétal peut aussi se faire par graines collectées lors de prospection. MALAURIE *et al.*, (1993) considèrent que 13 % de la collection est issu de graines pour les ignames sauvages. Par la suite, la collection *in vitro* maintenue au Lrgapt a vu son nombre d'accessions augmenter pour les espèces *D. abyssinica*, *D. praezensilis*, *D. burkilliana*, à partir de tubercules issus de semis.

**Tableau IX a.** Techniques d'éradication des maladies utilisées pour l'igname.

Techniques d'éradication	Espèces	Utilisation expérimentale	Utilisation en routine	Eradication des virus
(A) Culture de méristèmes	<i>D. cayenensis-rotundata</i> , <i>D. japonica</i> , <i>D. praezensilis</i> , <i>D. rotundata</i> , <i>D. trifida</i> , <i>Dioscorea</i> sp.	+	-	+ / -
(B) Thermothérapie <i>in vivo</i> + culture de méristèmes	<i>D. alata</i>	+		
(C) Microboutures nodales ou apex + thermothérapie	<i>D. alata</i> , <i>D. trifida</i>	+	+ / -	+
(D) Microboutures nodales + chimiothérapie	<i>D. alata</i>	+	+ / -	+
(E) Microboutures nodales + thermothérapie et/ou chimiothérapie	<i>D. praezensilis</i>	+		+ / -
(F) Culture de méristèmes + thermothérapie et/ou + chimiothérapie	<i>D. cayenensis-rotundata</i> , <i>D. praezensilis</i>	+	-	+ / -

**Tableau IX b.** Nouvelles techniques d'éradication disponibles.

Espèces		Utilisation expérimentale	Utilisation en routine	Eradication des virus
Electrothérapie	pomme de terre	+	-	+
Microgreffage	citrus, vigne	+	+	+

L'échange de matériel végétal peut se faire aussi sous la forme de boutures de nœuds, prélevées sur du matériel *in vivo*, pour des délais d'acheminement relativement court (1 j). C'est le cas de prélèvement de boutures de nœuds d'ignames prélevées dans les germoirs de l'Idessa, à Bouaké, ou ceux de la Fast, situés sur les terrains de l'Ensa, à Abidjan (Côte d'Ivoire). Ou encore plus récemment, de prélèvement de boutures de nœuds sur des ignames maintenues dans les serres du Muséum national d'histoire naturelle de Brunoy (TOSTAIN et HLADIK, comm. pers.), pour 13 espèces, et introduits en culture *in vitro* au Lrgapt.

### Distribution et échange de matériel cultivé *in vitro*

L'échange et la distribution de matériel *in vitro* pour l'igname ont été réalisés en premier lieu sous la forme de microboutures nodales. WITHERS et WHEELANS (1987), dans la base de données de l'Ibpg, font état de plusieurs cas d'échanges internationaux de boutures nodales de *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. opposita* (MANTELL S.H., Wye College), *Dioscorea* sp. (JARRET R., Univ. de Floride), *Dioscorea* sp. (QUAK F., Res. Inst. Plant Protection, Wageningen). Ultérieurement, l'envoi de vitroplants

du Cenargen-Embrapa est réalisé de collection à collection *in vitro* d'igname (MALAURIE *et al.*, 1993). C'est à partir de cette collection (1989), ou à partir de son duplicata (Lrgapt) dès 1992, qu'une série de cultivars appartenant à *D. alata* et au complexe *D. cayenensis-D. rotundata* a été expédiée vers la Nouvelle-Calédonie (PELLEGRIN F., Orstom ; VANBERCIE et VERNIER P., Cirad) (tableau X).

Des structures de culture en conditions aseptiques peuvent être aussi utilisées comme structures de transit préalablement à leur introduction en plein champ. La culture *in vitro*, à la réception du matériel *in vivo* (tubercules) et après vérification phytosanitaire, va permettre de multiplier le matériel introduit et de le transférer au champ après acclimatation et contrôle phytosanitaire. Cette procédure, développée à Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), a permis, en 1987, l'introduction à l'Idessa (Bouaké) de plusieurs clones de *D. alata* et du complexe *D. cayenensis-D. rotundata* en provenance du Brésil (Cenargen-Embrapa), de Nouvelle-Calédonie (Cirad-Irat) et de Porto Rico (Tropical Agric. Res. Station, Mayaguez) (tableau XI). Une bonne maîtrise de l'acclimatation est nécessaire pour le passage *in vitro-in vivo* et ces problèmes ont été abordés sur *D. alata* (LACOINTE et ZINSOU 1987a,b) et sur plusieurs cultivars appartenant à

**Tableau X.** Enrichissement de la diversité génétique des ignames de Nouvelle-Calédonie par le transfert et l'introduction de matériel sous la forme de vitroplants conservés, multipliés et diffusés par l'Orstom (1989-1995). Implication de l'Irstda (1989, Adiopodoumé) et de l'Orstom de 1992 à 1995 (Lrgapt, Montpellier) dans la diffusion de cultivars d'igname, issus de Côte d'Ivoire, du Brésil, de Martinique et de Porto Rico, pour une introduction en Nouvelle-Calédonie par PELLEGRIN (Orstom), VANBERCIE et VERNIER (Cirad-ca).

N° Cultivar	Espèces	Nom du cultivar	Code donateur	Provenance
OA02	<i>D. alata</i>	Kinanpay	***	Côte d'Ivoire*
OA16	<i>D. alata</i>	Brazo Fuerte	***	Côte d'Ivoire*
OA21	<i>D. alata</i>	Florida	***	Côte d'Ivoire*
OA30	<i>D. alata</i>	White Lisbon	***	Côte d'Ivoire*
IB02	<i>D. alata</i>	Hawai Branched	136 (Idessa)	Côte d'Ivoire*
IB21	<i>D. alata</i>	Prolific	138 (Idessa)	Côte d'Ivoire*
MA02	<i>D. alata</i>	Plimbite	-	Martinique
PR03	<i>D. alata</i>	Gemelos	PI390075	Porto Rico
PR04	<i>D. alata</i>	Leone Globe	PI 390100	Porto Rico
PR05	<i>D. alata</i>	Kinabayo	PI 390079	Porto Rico
PR08	<i>D. alata</i>	Moresby	PI390101	Porto Rico
EM10	<i>D. alata</i>	-	132	Brésil (Cenargen)
OA20	<i>D. cayenensis-D. rotundata</i>	Krenglé	***	Côte d'Ivoire
IB14	<i>D. cayenensis-D. rotundata</i>	Krenglé	E.144 (Idessa)	Côte d'Ivoire
IB07	<i>D. cayenensis-D. rotundata</i>	Douba yésirou	262 (Idessa)	Côte d'Ivoire**
IB40	<i>D. cayenensis-D. rotundata</i>	Adola	266 (Idessa)	Côte d'Ivoire**

\* Cultivars issus de la collection du Mita de Mayaguez et transférés par MARTIN en 1974 vers l'Orstom et l'Irat (ORSTOM, 1976, DEGRAS, 1986).

\*\* Cultivars originaires du Bénin (pays Bariba).

\*\*\* Collection au champ d'Adiopodoumé.

**Tableau XI.** Utilisation des structures de culture *in vitro* pour la diffusion de matériel végétal issu de transfert international. Implication de l'Orstom en 1988 (Adiopodoumé, Côte d'Ivoire) dans l'introduction *in vitro* et la micropropagation de microboutures nodales de cultivars d'igname, issus de Porto Rico, de Nouvelle-Calédonie et du Brésil, pour une introduction et une diffusion en Côte d'Ivoire par R. DUMONT (Irat) et l'Idessa (Bouaké, Côte d'Ivoire).

N° Cultivar	Espèces	Nom du Cultivar	Code donateur	Provenance
PR04	<i>D. alata</i>	Leone Globe	PI 390100	Porto Rico
PR05	<i>D. alata</i>	Kinabayo	PI 390079	Porto Rico
PR06	<i>D. alata</i>	Binogas	PI 39 0072	Porto Rico
PR07	<i>D. alata</i>	Gunung	PI 390102	Porto Rico
PB03	<i>D. cayenensis-D. rotundata</i>	Corossol	-	Guadeloupe
NC01	<i>D. bulbifera</i>	Nouméa wa	IRAT 28	Nouvelle-Calédonie
NC06	<i>D. alata</i>	Gouvren	IRAT 84	Nouvelle-Calédonie
NC03	<i>D. alata</i>	Katjoa	IRAT 43	Nouvelle-Calédonie
NC05	<i>D. alata</i>	Deu	IRAT 50	Nouvelle-Calédonie
EM04*	<i>D. alata</i>	-	264	Brésil
EM10*	<i>D. alata</i>	-	132	Brésil
EM11*	<i>D. cayenensis-D. rotundata</i>	-	2526	Brésil

Le type de matériel expédié était sous la forme de tubercules sauf, pour les 3 cultivars provenant du Brésil (Cenargen-Embrapa)\* qui ont été expédiés sous la forme de vitroplants.

différentes espèces d'ignames (MALAURIE, travaux non publiés). Cependant, le type de milieu utilisé (MALAURIE *et al.*, 1993) au Lrgapt, assurant une croissance ralentie ne pose pas de problème, et permet de procéder au sevrage à partir de ces conditions. Ce type de banque de gènes permettant la distribution internationale de matériel correspond bien à une banque active.

La potentialité de tubériser que présente un grand nombre d'ignames *in vitro* peut être utilisée à des fins

de transfert de matériel, les microtubercules et microbulbilles permettant d'avoir un plus grand pourcentage de réussite lors du passage au champ (NG, 1988b ; JOHN *et al.*, 1993 ; MALAURIE *et al.*, 1993 ; MANTELL, 1993). Ces tubercules formés *in vitro* sont à maturité dormants ; ils le demeurent durant 2 à 5 mois, comme ceux développés *in vivo*.

Récemment, une méthode originale expérimentée sur trois espèces d'igname (*D. alata*, *D. opposita*, *D. rotundata*) a été proposée par HASAN et TAKAGI

(1995). Ces derniers utilisent la technique d'encapsulation de boutures nodales dans des billes d'alginate dans le but de transfert de matériel. Cette procédure permet de maintenir, pendant au moins 2 semaines d'obscurité, les boutures nodales encapsulées, placées dans un cryotube de 1 ml, contenant 0.5 ml d'un milieu semisolidé MS. Ce maintien de 2 semaines à l'obscurité et la manipulation aisée des cryotubes permettent, selon ces auteurs, d'envisager, sans problème, des échanges internationaux de ressources génétiques.

La culture de méristèmes, associée à diverses thérapies dans le cas de plantes virosées, est préconisée pour l'échange et la distribution d'ignames conservées *in vitro*. La régénération de cette culture doit être suivie de contrôles par immunoenzymologie, inoculation mécanique sur plantes hôtes et microscopie électronique (NG et HAHN, 1985). Un contrôle de la conformité des plantes régénérées à partir des méristèmes pourrait être envisagé dans le cas de longue période de culture en présence de régulateurs de croissance. Par ailleurs, la mise à disposition de nouvelles méthodes (*immunocapture PCR* et *immunocapture reverse transcriptase PCR* avec les *primers* choisis) devrait permettre à l'ITA de diffuser des cultivars de *D. alata*, garantis sains, après culture de méristèmes et séries de contrôles pendant la phase *in vitro* et lors du transfert en serre *insect-proof*. D'après les auteurs, le temps total requis, à partir de la plante mère en plantation, pour la production de vitroplants, de microtubercules ou de minitubercules sains et indexés varie respectivement de 12 à 15 mois, de 17 à 20 mois et de 2 ans (NG *et al.*, 1997).

Dans leurs études menées sur la différenciation des isolats de virus de l'igname, GOUDOU-URBINO *et al.* (1996b) mettent en évidence l'absence de relation entre l'origine des isolats (géographique ou espèces hôtes) et la grande variabilité des différentes souches virales. Ces derniers préconisent l'application de procédures phytosanitaires plus rigoureuses pour éviter l'introduction de matériel infecté lors d'échanges internationaux.

En conclusion, pour les échanges de matériel végétal, ne subsiste que les contraintes d'indexation, et d'éradication pour le matériel virosé. Toute diffusion de matériel, réalisé depuis lors, n'a concerné que les accessions cataloguées indemnes des virus dont maîtrisait à l'époque l'indexation.

## Conclusion et perspectives

Ce chapitre tente de préciser les différentes études à réaliser permettant la conservation et l'échange de germoplasme en général, et chez les ignames, en particulier, dans le cadre des ressources

génétiques des plantes. La conservation d'un germoplasme est, d'une part, en amont, tributaire des collectes ou introductions de matériel, et d'autre part, en aval, dépendante d'une bonne connaissance de ses accessions (évaluation, caractérisation) et de leur état phytosanitaire. Mais la bonne conservation d'un germoplasme dépend aussi des techniques qui lui seront appliquées. Une combinaison de plusieurs méthodes (*in situ* — collection au champ —, *ex situ* — collection *in vitro* —, croissance ralentie, cryoconservation) conduirait à de meilleurs résultats dans le cas de l'igname (HANSON, 1986).

Selon PERRINO (1992), les collections de plantes, *in vivo* ou *in vitro*, seront toujours indispensables aux biotechnologues. Ces derniers, ne pouvant inventer par eux-mêmes des gènes, dépendent étroitement des gènes que recèle la nature.

La culture *in vitro* de l'igname contribue à la sauvegarde de la biodiversité du genre *Dioscorea*. Une application des résultats obtenus en cryoconservation, sur 2 espèces d'igname, à un plus grand nombre d'espèces, devrait permettre un transfert de technologie. L'utilisation de nouvelles techniques, d'une part pour l'élimination des pathogènes (électrothérapie, microgreffage), en complément de celles déjà existantes, et d'autre part, pour l'obtention de plantes résistantes à certains virus (transformation), devrait garantir à l'igname le statut de plante « indemne de virus » et permettre les échanges internationaux, et à long terme une distribution de cultivars sains pour le paysan.

Considérant que nous sommes actuellement capables de :

- gérer en routine des collections *in vitro* maintenues dans des conditions de croissance ralentie ;
- caractériser les accessions avec les techniques isozymiques et moléculaires ;
- indexer pour un plus grand nombre de virus ;
- produire quelques vitroplants indemnes de virus ;
- assurer la distribution internationale et le sevrage de ce matériel à partir d'une collection *in vitro* en croissance ralentie, correspondant bien à une banque active, quelles peuvent être les perspectives à envisager ?

Les différentes études, à développer ou à continuer sur la conservation et sur l'état phytosanitaire d'un germoplasme, peuvent être :

- le renforcement de la conservation de germoplasme par un développement de la conservation *in situ* (« conservatoire »), et la conservation sous la forme de banque de graines ;
- l'application des résultats obtenus en cryoconservation à un plus grand nombre de génotypes, plus représentatif de la diversité ;
- la continuation de recherches de techniques d'indexation et de thérapie pouvant permettre, à l'avenir, de transférer sans contraintes du matériel sain.



## Remerciements

La rédaction de cette communication sur « La conservation et l'échange de germoplasme chez les ignames (*Dioscorea* sp.) » tient compte d'aspects virologiques. Une lecture par des spécialistes de cette discipline se révélait nécessaire. Je tiens donc à remercier les Dr J. DUBERN et D. FARGETTE, pour leurs avis et commentaires.

## Références bibliographiques

- ACHEAMPONG E., 1988. Germplasm preservation of tuber crops by tissue culture methods. In The Use of Biotechnology for the Improvement of Cassava, Yams and Plantain in Africa. Contributions from a meeting of African research institutions. IITA, Ibadan, Oyo State, Nigeria, Meeting Reports Series 2 : 17-18.
- AKORODA M.O., 1993. Yams *Dioscorea* spp. In Genetic Improvement of Vegetable Crops, G. KALLOO et B. O. BERGH (Ed.). Pergamon Press, Oxford, UK, p. 717-733.
- ALEMAN M.E., 1996. Caractérisation moléculaire, diversité génétique et contrôle du virus de la mosaïque de l'igname (Ymv). Thèse, doctorat en sciences agronomiques. Ensam, Montpellier, France, 138 p.
- ALEMAN M.E., GOUDOU-URBINO C., DUBERN J., FAUQUET C., 1996a. Analysis of sequence variations in the P1, HC, P3, N1b and CP regions of Yam Mosaic Potyvirus isolates : implications for potyvirus intra-species molecular diversity. J. of General Virology 78 : 1253-1264.
- ALEMAN M.E., MARCOS J.F., BRUGIDOU C., FUX C.I., GOUDOU-URBINO C., DUBERN J., 1996b. Genomic Organization, Molecular Diversity and Control of Yam (*Dioscorea*) Mosaic Virus. ILTAB Review 1991-1996, p. 81-82.
- AMMIRATO P.V., 1984. Yams. In Handbook of Plant Cell Culture Vol. 3. Crop Species, AMMIRATO P.V. et al., (Eds.). Macmillan, New York, USA, p. 327-354.
- ANONYME, 1996. Caractérisation génétique des ignames de Nouvelle-Calédonie. 1) Variabilité morpho-agronomique, 2) Variabilité des isozymes. Projet Cordet 93 T A1, programme cultures vivrières. Cirad-ca, Nouvelle-Calédonie.
- ARAKI H., SHI L., YAKUWA T., 1992. Effects of auxin, cytokinin and nitrogen concentration on morphogenesis of tissue-cultured shoot apex of Chinese Yam (*Dioscorea opposita* Thunb.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60 : 851-857.
- ARNOLIN R., GAMIETTE F., DEGRAS L., 1991. Obtention de plantules d'igname (*D. alata* et *D. cayenensis-rotundata*) par culture d'embryon *in vitro*. In Annual meeting of Caribbean Food Crops Society, Guadeloupe, Gosier, 1-6 July 1989. Les colloques de l'Inra, Inra, Paris, France, 25 : 646-659.
- ASEMOTA H.N., RAMSER J., LOPEZ-PERALTA C., WEISING K., KAHL G., 1996. Genetic variation and cultivar identification of Jamaican yam germplasm by random amplified polymorphic DNA analysis. Euphytica 92 : 341-351.
- ASHMORE S., 1997. Status report on the development and application of *in vitro* techniques for the conservation and use of plant genetic resources. International Plant Genetic resources Institute, Rome, Italy, 67 p.
- AYENSU E.S., COURSEY D.G., 1972. Guinea yams. The botany, ethnobotany, use and possible future of yams in West Africa. Econ. Bot. 26 : 301-318.
- AYUSO P., PENA-IGLESIAS A., 1978. Shoot apex (meristem) grafting: a novel and promising technique for regeneration of virus infected grapevines. In Proceeding of the 6<sup>th</sup> conference on virus of grapevines. Monografias 18 : 319-323.
- BALAGNE M., 1985. Le microbouturage *in vitro* de l'igname cousse couche *Dioscorea trifida* en vue de son application pour la guérison des variétés atteintes de viroses. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle. Ustl, Montpellier, France, 144 p.
- BENIN M., GRENNAN S., 1984. Le microgreffage une technique d'élimination des virus de la vigne. Proc. Agric. Vitic. 2 : 33-36.
- BOURRET (-CORTADELLAS) D., 1973. Etude ethnobotanique des *Dioscorea* alimentaires, ignames de Nouvelle-Calédonie. Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle. Faculté des sciences, Paris, France, 135 p.
- BOUSALEM M., 1995. Mise au point d'outils immunologiques et moléculaires pour la détection et la caractérisation des potyvirus infectant l'igname. Caractérisation moléculaire préliminaire de l'isolat BFC 56 du Yam Mosaic Virus. Laboratoire de phyto-virologie des régions chaudes (Lprc), Orstom, Montpellier, France, 23 p. (document interne).
- BURKILL I.H., 1960. The organography and the evolution of *Dioscoreaceae*, the family of the yams. J. Linn. Soc. (Bot.) 56 : 319-412.
- BUTENKO R.G., POPOV A.S., VOLKOVA L.A., CHERNYAK N.D., NOSOV A.M., 1984. Recovery of cell cultures and their biosynthetic capacity after storage of *Dioscorea deltoidea* and *Panax ginseng* cells in liquid nitrogen. Plant Science Letters 33 (3) : 285-292.
- CHANDLER F.L., HAQUE S.Q., 1984. The use of tissue culture in the production of improved yam and sweet potato planting material. In FAO Plant Production and Protection Paper 59 : 69-87.
- CHARRIER A., DEREUDDRE J., ENGELMANN F., 1991. The implications of biotechnology in germplasm conservation and utilization. In Crop Genetic



- Resources of Africa. Vol II. Proceedings of an International Conference on Crop Genetic Resources of Africa. N.Q. NG, P. PERRINO, F. ATTERE, H. ZEDAN (Eds.). IITA/IBPGR/UNEP/CNR, Ibadan, Nigeria, p. 279-286.
- CHARRIER A., HAMON S., 1991. Germplasm collection, conservation and utilization activities of the Office de la recherche scientifique et technique d'outre-Mer (Orstom). In Crop Genetic Resources of Africa. Vol II. Proceedings of an International Conference on Crop Genetic Resources of Africa. N.Q. NG, P. PERRINO, F. ATTERE, H. ZEDAN (Eds.). IITA/IBPGR/UNEP/CNR. Ibadan, Nigeria, p. 41-52.
- CHULAFICH L., GRUBISHICH D., VUIICHICH R., VOLKOVA L.A., POPOV A.S., 1994. Somatic embryo production *in vitro* in *Dioscorea caucasica* Lipsky and *Dioscorea balcanica* Kusanin and cryopreservation of their organogenic callus tissue. Russian Journal of Plant Physiol. 41 (6) : 821-826.
- CORTES MONLLOR A., LIU L.J., 1983. Tissue culture propagation of yam in Puerto Rico. J. Agric. Univ. Puerto Rico 67 : 419-428.
- CORTES MONLLOR A., LIU L.J., ARROYO E., 1982. An improved medium for tissue culture of yam *Dioscorea* sp. *in vitro* in Puerto Rico. Phytopathology 72 (1) : 171.
- COURSEY D.G., 1967. Yams. Longmans, London, UK, 230 p.
- COURSEY D.G., MARTIN F.W., 1972. The past and future of the yams as crop plants. Pantl. Foods & Human. Nutr. 2 (3/4) : 133-138.
- DALOUMAN R., 1989. Evolution des sucres solubles majeurs et de l'activité invertase acide dans les différents organes au cours de la croissance des vitro-plants d'igname (*Dioscorea alata* L.). Recherche d'un modèle de tubérisation *in vitro*. Dea, faculté des sciences et techniques, Abidjan, Côte d'Ivoire, 75 p.
- DALOUMAN R., 1994. Aspects biochimiques liés à la tubérisation *in vitro* de l'igname *Dioscorea alata* L. : métabolisme des sucres et des protéines. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, spécialité biochimie. Université nationale de Côte d'Ivoire, faculté des sciences et techniques, Abidjan, Côte d'Ivoire, 113 p.
- DALOUMAN R., TROUSLOT M-F., TROUSLOT P., CHRESTIN H., DIOPOH K.J., 1992. Sucres solubles et activité invertase acide au cours de la croissance chez l'igname (*Dioscorea* spp.) *in vitro*. Poster III. Troisième forum des jeunes chercheurs en physiologie végétale, Perpignan, 3-4 septembre 1992. Société française de physiologie végétale, Abstract book.
- DALOUMAN R., TROUSLOT M.F., TROUSLOT P., DIOPOH K.J., 1993. Sucres solubles et activité invertase acide au cours de la croissance chez l'igname (*Dioscorea* spp.) *in vitro*. Résumé Comm. Symp. « L'Afrique face au défi des biotechnologies végétales : cas de l'igname » Abidjan, 19-23 avril 1993. Programmes et résumés. Iirsda, Abidjan, Côte d'Ivoire, 45 p.
- DEGRAS L., 1986. L'igname, techniques agricoles et productions tropicales. Maisonneuve et Larose, Paris, France, 409 p.
- DEOGRATIAS J.M., LUTZ A., DOSBA F., 1986. Microgreffage d'apex de cerisiers (*Prunus avium* L.) multipliés *in vitro* en vue de l'élimination de trois types de particules virales (Clsv, Pdv et Nrsv). Fruits 41 (11) : 675-680.
- DEREUDDRE J., SCOTTEZ C., ARNAUD Y., DURON M., 1990. Résistance d'apex caulinaires de vitro-plants de poirier (*Pyrus communis* L. cv Beurré Hardy), enrobés dans l'alginate, à une déshydratation puis à une congélation dans l'azote liquide : effet d'un durcissement préalable au froid. C. R. Acad. Sc. Paris, Série III 310 : 317-323.
- DEREUDDRE J., BLANDIN S., HASSEN N., 1991. Resistance of alginate-coated somatic embryos of carrot (*Daucus carota* L.) to dessication and freezing in liquid nitrogen: 1. Effects of preculture. Cryo-Letters 12 : 1125-134.
- DODDS J.H., WATANABE K., 1990. Biotechnical tools for plants genetic resources management. Diversity 6 : 26-28.
- DUBERN J., 1994. Amélioration et valorisation de l'igname. Projet Cee Std2. Rapport de synthèse. Orstom, Montpellier, France, 22 p.
- DUBERN J., GIVORD L., GOUDOU-URBINO C., KONATE G., MALAURIE B., QUIOT J-B., 1993a. Amélioration et valorisation de l'igname. Projet Cee Std2. Rapport d'exécution pour la période du 01/09/91 au 01/09/92. Orstom, Montpellier, France, 37 p.
- DUBERN J., GIVORD L., GOUDOU-URBINO C., KONATE G., MALAURIE B., QUIOT J.B., 1993b. Amélioration et valorisation de l'igname. Projet Cee Std2. Rapport d'exécution pour la période du 01/09/92 au 01/09/93. Orstom, Montpellier, France, 54 p.
- DUSSERT S., CHABRILLANGE N., ANTHONY F., ENGELMANN F., RECALT C., HAMON S., 1997. Variability in storage response within a coffee (*Coffea* spp.) core collection under slow growth conditions. Plant Cell Rep. 16 : 344-348.
- ELLIS R.H., HONG T.D., ROBERTS E.H., 1985. *Dioscoreaceae*. In Handbook of Seed Technology for Genebanks. Handbook for Genebanks n° 3, Vol. I. Compendium of Specific, Germination information and Test Recommendation. IPBGR, Italy, Rome, 34 : 329-331.
- ENGELMANN F., 1991. *In vitro* conservation of tropical plant germplasm, a review. Euphytica 57 : 227-243.

- ENGELMANN F., 1997. *In vitro* conservation methods. In *Biotechnology and Plant Genetic Resources : Conservation and Use*, B.V. FORD-LLOYD, J.H. NEWBERRY and J.A. CALLOW (Eds.). CABI, in press.
- ENGELS J.M.M., 1993. How can biotechnology be exploited in the conservation and use of biological diversity ? In *GTZ Workshop on Plant Biotechnology in Technical Cooperation Programmes*, 6-11 October 1993. Legaspi, Philippines, p. 1-33.
- ESPIAND H., 1983. Conséquences de la culture *in vitro* sur la morphogenèse de boutures nodales de l'igname (*Dioscorea alata* L. cv « Tahiti »). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris XI, n° 3460. Orsay, France, 80 p.
- FABRE J., DEREUDDRE J., 1990. Encapsulation-dehydration : a new approach to cryopreservation of *Solanum* shoot-tips. *Cryo-Letters* 11 : 413-426.
- FAUQUET C., THOUVENEL J.-C., 1987. Cucumber mosaic on sweet potato and yam. *Plant Viral Diseases in the Ivory Coast*. Documentations techniques n° 46, Orstom, Paris, France, 29 p.
- FAO/IBPGR 1989. Technical guidelines for the safe movement of yam germplasm. A.A. BRUNT, G.V.H. JACKSON, E.A. FRISON (Eds). FAO, Italy, Rome, p. 1-20.
- FAO, 1996. The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Background Documentation prepared for the International Technical Conference on Plant Genetic Resources, Leipzig, Germany, 17-23 June, 1996. FAO, Rome, Italy, 336 p.
- FAUTRET A., DUBLIN P., CHAGVARDIEFF P., 1988. Callogenèse et néoformation chez deux espèces d'ignames comestibles, *Dioscorea alata* et *D. trifida*. In *Proc. 7th symposium ISTRC*, Gosier (Guadeloupe), 1-6 July 1985. Paris, France, INRA (1988) : 365-386.
- FORSYTH C., VAN STADEN J., 1982. An improved method of *in vitro* propagation of *Dioscorea bulbifera*. *Plant Cell Tissue Organ Culture*. 1 (4) : 275-281.
- FORSYTH C., VAN STADEN J., 1984. Tuberization of *Dioscorea bulbifera* stem nodes in culture. *J. Plant Physiol.* 115 : 79-83.
- FRISON E., SERWINSKI J. (eds), 1995. Directory of European Institutions Holding Plant Genetic Resources, fourth edition. Vol. 1 and 2. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 499 p., 87 p.
- FURMANOWA M., GUZEWSKA J., 1989. *Dioscorea*: *in vitro* culture and the micropropagation of diosgenin-containing species. In *Biotechnology in agriculture and forestry; Medicinal and Aromatic Plants* (vol. 7). Y.P.S. BAJAJ (Ed). Springer-Verlag, Paris, France, p. 162-184.
- GOUDOU-URBINO C., 1995. La mosaïque de l'igname : aspects épidémiologiques au Burkina Faso et variabilité du virus. Thèse de l'université Montpellier II. Montpellier, France, 147 p.
- GOUDOU-URBINO C., GIVORD L., QUIOT J.B., BOEGLIN M., KONATE G., DUBERN J., 1996a. Differentiation of yam virus using symptomatology, western blot assay, and monoclonal antibodies. *Journal of Phytopathology* 144 (5) : 235-240.
- GOUDOU-URBINO C., KONATE G., QUIOT J.B., DUBERN J., 1996b. Etiology and ecology of yam mosaic disease in Burkina Faso. *Tropical Sciences* 36 : 34-40.
- GOUDOU-URBINO C., BOUSALEM M., PINEL A., FARGETTE D., DUBERN J., 1997. Les virus de l'igname : aspects épidémiologiques et variabilité (Yam viruses: epidemiology and variability). In *Séminaire international. L'igname : plante séculaire et culture d'avenir*. Montpellier 3-6 juin 1997. Cirad, Montpellier, France.
- GREWAL S., KOUL S., SACHDEVA J., ATAL C.K., 1977. Regeneration of plants of *Dioscorea deltoidea* by apical meristem culture. *Indian J. Exp. Biol.* 15 : 201-203.
- HAMON P., HAMON S., TOURE B., 1986. Les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-D. rotundata* de Côte d'Ivoire. Inventaire et description des « cultivars » traditionnels. Faculté des sciences et techniques, Abidjan, Côte d'Ivoire. Ipbg, Rome, Italie, 63 p.
- HAMON P., TOURE B., 1990. Characterization of traditional yam varieties belonging to the *Dioscorea cayenensis-rotundata* complex by their isozymic patterns. *Euphytica* 46 : 101-107.
- HAMON P., DUMONT R., ZOUNDJIEKPON J., TIO-TOURE B., HAMON S., 1995. Les ignames sauvages d'Afrique de l'Ouest. Caractéristiques morphologiques. Orstom, Paris, France, 84 p.
- HAMON S., NOIROT M., ANTHONY F., 1995. Developing a coffee core collection using the principal components score strategy with quantitative data. In *Core collections of Plant Genetic Resources*, HODGKIN T., BROWN A.H.D., VAN HINTUM T.J.L. AND MORALES E.A.V. (Eds). Wiley-Sayce, London, UK, p. 117-126.
- HANSON J., 1986. Methods of storing tropical root crop germplasm with special reference to yam. FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsletter 64 : 24-32.
- HARRISON B.D., ROBERTS I.M., 1973. Association of virus-like particles with internal brown spot of yam (*Dioscorea alata*). *Trop. Agric. (Trinidad)* 50 : 335-340.
- HASAN S.M.Z., TAKAGI H., 1995. Alginate-coated nodal segments of yam (*Dioscorea* spp.) for germplasm exchange and distribution. *Plant Genetic Resources Newsletter* 103: 32-35.

- HAUDRICOURT A.G., 1964. Nature et culture dans la civilisation de l'igname : l'origine des clones et des clans. L'homme, revue française d'anthropologie, janvier-avril.
- HEARON S.S., CORBETT M.K., LAWSON R.H., GILLESPIE A.G., WATERWORTH H.E., 1978. Two flexuous-rod viruses in *Dioscorea floribunda* : symptoms, identification and ultrastructure. Phytopathology 68 : 1137-1146.
- HENSHAW G.G., 1982. Tissue culture methods and germplasm storage. In Plant Tissue Culture, A. FUJIWARA Ed., Proc. 5<sup>th</sup> Intl. Cong. Plant Tissue and Cell Culture, p. 789-792.
- HLADIAK A., BAHUCHET S., DUCATILLON C., HLADIAK C.M., 1984. Les plantes à tubercules de la forêt dense d'Afrique centrale. Rev. écol. (Terre et vie) 39 : 249-290.
- HONG T.D., ELLIS R.H., 1996. A protocol to determine seed storage behaviour. IPGRI technical Bulletin n° 1., J.M.M. ENGELS and J. TOLL, vol. (Eds). IPBGR, Rome, Italy. 62 p.
- HUGHES J.D'A., 1986. Viruses of the Araceae and *Dioscorea* species: their isolation, characterization and detection. Ph. D Thesis, University of Reading, UK.
- IBPGR, 1986. 2. Root and Tuber Crops, 2<sup>nd</sup> éd. In Directory of Germplasm Collections. J. TOLL, T. LAWRENCE, D.H. VAN SLOTEN (Eds). IPBGR, Rome, Italy, p. 130-155.
- IITA, 1981. Annual report for 1980. IITA, Ibadan, Nigeria.
- IBPGR, 1988. IBPGR Advisory Committee on *in vitro* storage. Conservation and movement of Vegetatively Propagated Germplasm : *in vitro* Culture and Disease Aspects. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, 60 p.
- JACKSON G., IKIN B., FIRMAN I., 1984. Guidelines for the transfer of root crop germplasm. Suva, Fidji, Food and Agriculture Organisation of the United Nations in association with the South Pacific Commission. FAO, Rome, Italy, Fied Document 6, 25 p.
- JEAN M., CAPPADOCIA M., 1991. *In vitro* tuberization in *Dioscorea alata* L. Brazo fuerte and Florido and *D. abyssinica* Hoch. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 26 : 147-152.
- JEAN M., CAPPADOCIA M., 1992. Effects of some growth regulators on *in vitro* tuberization in *Dioscorea alata* L. Brazo fuerte and *D. abyssinica* Hoch. Plant Cell Reports 11 : 34-38.
- JOHN J.L., COURTNEY W.H., DECOTEAU D.R., 1993. The influence of plant growth regulators and light on microtuber induction and formation in *Dioscorea alata* L. cultures. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 34 : 245-252.
- KNUTH R., 1924. *Dioscoreaceae*. A. Engler. Das Pflanzenreich, IV-43, 87. Heft, 1-387.
- KOBAYASHI N., 1991. Production of virus-free plants and its mass propagation by tissue culture in Chinese yam, *Dioscorea opposita* Thunb. Bulletin of the Saitama Horticultural Experiment Station 18 : 81-99.
- KUO C.G., 1991. Conservation and distribution of sweet potato germplasm. In *In vitro* Methods for Plant Genetic Resources. J.H. DODDS (Ed.). Chapman and Hall, London, UK, p. 123-159.
- LACOINTE A., ZINSOU C., 1987a. Croissance et développement au champ de l'igname (*Dioscorea alata* L.) à partir de plants produits par culture *in vitro*. Agronomie 7 (5) : 331-338.
- LACOINTE A., ZINSOU C., 1987b. Effet de la date de plantation sur la croissance et le développement de plantules d'igname (*Dioscorea alata* L.) produites par culture *in vitro*. Agronomie 7 (7) : 475-481.
- LANGIS R., SCHNABEL B., EARLE E.D., STEPONKUS P.L., 1989. Cryopreservation of *Brassica campestris* L. cell suspensions by vitrification. Cryo-Letters 10 : 421-428.
- LATTA R., 1971. Preservation of suspension culture of plant cells by freezing. Can. J. Bot. 40 : 1253-1254.
- LAUZER D., LAUBLIN G., VINCENT G., CAPPADOCIA M., 1992. *In vitro* propagation and cytology of wild yams, *Dioscorea abyssinica* Hoch. and *D. mangelotiana* Miège. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 28 : 215-223.
- LOZOYA-SALDANA H, ABELLO F.J., GARCIA G DE LA R., 1996. Electrotherapy and shoot tip culture eliminate potato virus X in potatoes. Amer. Pot. J. 73 : 149-154.
- LRGAPT, 1993. Rapport annuel du laboratoire de ressources génétiques et amélioration des plantes tropicales. HAMON S. (Ed.). Orstom, Montpellier, France, 39 p.
- MALAUURIE B., TARDIEU F., THOUVENEL J.C., 1988a. Rapid production of disease-free germplasm of *Dioscorea* spp. (Monocotyledonous). In 8<sup>th</sup> International Biotechnology Symposium, Paris, 17-22 July 1988. Société française de microbiologie, France, Abstract Book, p. 248.
- MALAUURIE B., TARDIEU F., THOUVENEL J.C., 1988b. Improving Yam (*Dioscorea* spp.), using Biotechnology. 1) Rapid production of disease free germplasm. Symposium of the International Society for Root Crops. Bangkok, 30/10-5/11/1988. Abstract Book, p. 51.
- MALAUURIE B., THOUVENEL J.C., 1988. Production de plants d'igname, dépourvus de viroses, par culture de méristèmes. In Les échanges Nord-Sud, 2<sup>e</sup> Salon international de la coopération et de l'aide au développement (Sicad), 7-11/12/1988, Montpellier, poster

- session. Agropolis, 4<sup>e</sup> Rencontres internationales, Montpellier, France, 3 p.
- MALAUURIE B., PUNGU O., DUBERN J., THOUVENEL J.C., 1992. Determination of the best conditions for the regeneration of microplants and the elimination of YMV from excised meristems of yam nodal cuttings (*Dioscorea* spp.). Plant Virology in the Tropics, abstract 9-10 April 1992. AAB, Association of Applied Biologists, University of York, UK.
- MALAUURIE B., PUNGU O., DUMONT R., TROUSLOT M.F., 1993. The creation of an *in vitro* germplasm collection of yam (*Dioscorea* spp.) for genetic resources preservation. Euphytica 65 : 113-122. Corrigendum 66 : 243.
- MALAUURIE B., PUNGU O., TROUSLOT M.F., 1995a. Effect of growth regulators concentrations on morphological development of meristem-tips in *Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata* complex and *D. praehensilis*. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 41 : 229-235.
- MALAUURIE B., THOUVENEL J.C., PUNGU O., 1995b. Influence of meristem-tip size and location on morphological development in *Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata* complex "Grosse Caille" and one genotype of *D. praehensilis*. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 42 : 215-218.
- MALAUURIE B., TROUSLOT M.F., 1995. Les ignames. In Biotechnologies végétales Bv9d. Cned-Aupelf-Uref, chapitre 10 : 49-77.
- MALAUURIE B., TROUSLOT M.F., 1997. Cryopreservation of *in vitro* yam (*Dioscorea* sp.) apices by the encapsulation-dehydration technique for long term conservation. Cryo-Letters 18 : 68.
- MALAUURIE B., TROUSLOT M.F., ENGELMANN F., CHABRILLANGE N., 1998a. Effect of pretreatment conditions on the cryopreservation of *in vitro*-cultured yam (*Dioscorea alata* Brazo Fuerte and *D. bulbifera* "Nouméa Imboro" shoot apices by encapsulation-dehydration. Cryo-Letters 19 : 15-26.
- MALAUURIE B., TROUSLOT M.F., BERTHAUD J., CHABRILLANGE N., RECALT C., DUSSERT S., 1998b. The use of slow growth condition culture and cryopreservation in liquid nitrogen for medium and long term conservation and utilisation of *in vitro* yam (*Dioscorea* sp.) Germplasm. Proceedings of the workshop on conservation & utilisation of cassava, sweetpotato and yam germplasm in Sub-Saharan Africa. Nairobi, November 11 to 13, 1997 (*in press*).
- MANDAL B.B., CHANDEL K.P.S., DWIVEDI S., 1996. Cryopreservation of yam (*Dioscorea* spp.) shoot apices by encapsulation-dehydration. Cryo-Letters 17 : 165-174.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1979. Disease free yams: their production, maintenance and performances. Caribbean Agricultural Research and Development Institute, Trinidad, Yam Virus Bull. 2, 22 p.
- MANTELL S.H., HUGO S.A., 1989. Effect of photoperiod, mineral medium strength, inorganic ammonium, sucrose and cytokinin on root, shoot and microtuber development in shoot cultures of *Dioscorea alata* L. and *D. bulbifera* L. yams. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 16 : 23-37.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., WHITEHALL A.P., 1978. Clonal multiplication of *Dioscorea alata* L. and *Dioscorea rotundata* Poir. yams by tissue culture. J. Hort. Sci. 53 (2) : 95-98.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., WHITEHALL A.P., 1980. Apical meristem tip culture for eradication of flexuous rod viruses in yams (*Dioscorea alata*). Trop. Pest Mgt. 26 (2) : 170-179.
- MANTELL S.H., 1993. Integrated use of micropropagation and conventional propagation techniques for production of certified seed tubers of tropical yams (*Dioscorea* spp.). In Adapted propagation techniques for commercial crops of the tropics. Proceedings of the southeast Asian Regional workshop on propagation techniques for commercial crops of the tropics, Ho Chi Minh City, Vietnam, 7-12 February 1993. IFS, International Foundation for Sciences, p. 66-93.
- MARCHOUX G., 1980. Pathologie des ignames en Guadeloupe, maladies virales. L'igname. Séminaire international de Pointe-à-Pitre du 28-7 au 2-8-1980. Les colloques de l'Inra, Inra, Paris, France, p. 93-105.
- MARTIN F.W., DEGRAS L., 1978. Tropical yams and their potential. Part 6. Minor cultivated *Dioscorea* species. USDA agriculture handbook n° 538, 23 p.
- MARTIN F.W., RHODES A.M., 1978. The relationship of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*. Trop. Agric., Trin. 55 : 193-206.
- MATHEWS R.E.F. (ed.), 1993. Diagnosis of Plant Virus Diseases. CRC Press, London, UK.
- MATSUBARA S., ISHIHARA M., 1988. Production and vegetative propagation of virus-free plants of *Dioscorea* species. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University, Japan, n° 72, p. 19-26.
- MIEGE J., 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* Ouest africaines. Thèse, Paris, France, 266 p.
- MIEGE J., 1954. Nombres chromosomiques et répartition géographique de quelques plantes tropicales et équatoriales. Rev. Cyt. et Biol. Végétales 15 (4) : 327-344.
- MIEGE J., 1982. Etude chimiotaxonomique de dix cultivars de Côte d'Ivoire relevant du complexe *Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata*. Yams-Igname, J. MIEGE, S.N. LYONGA, (Ed.). Claredon Press, Oxford, UK, 197-231.
- MIGLIORI A., CADILHAC B., 1976. Contribution à l'étude de la maladie du virus de l'igname *Dioscorea*

- trifida* en Guadeloupe. Ann. Phytopathol. 8 (1) : 73-78.
- MIGNOUNA H.D., CAMARA F., KOUROUMA S., 1997. Collecting germplasm of wild and cultivated yam (*Dioscorea* spp.) in Guinea. Plant Genet. Resour. Newsl. 109 : 15-16.
- MIKAMI T., 1984. Virus-free plant propagation through meristem-tip culture of Japanese yam and garlic. Research Journal of Food and Agriculture 7 (4) : 17-20.
- MITCHELL S.A., ASEMOTA H.N., AHMAD M.H., 1995a. Effects of explant source, culture medium strength and growth regulators on the *in vitro* propagation of three Jamaican yams (*Dioscorea cayenensis*, *D. trifida* and *D. rotundata*). J. Sci. Food Agric. 67 : 173-180.
- MITCHELL S.A., ASEMOTA H.N., AHMAD M.H., 1995b. Factors affecting the *in vitro* establishment of Jamaican yams (*Dioscorea* spp.) from nodal pieces. J. Sci. Food Agric. 67 : 541-550.
- MUMFORD R.A., SEAL S.E., 1997. Detection and characterization of yam potyviruses. In Yam viruses, Annual Collaborators Meeting, IITA-JIC-NRI, Gatsby-funded Biotechnology Projects, 7-9 February 1997. IITA, Ibadan, Nigeria, Extended Abstracts, p. 14-15.
- MUZAC-TUCKER I., AHMAD M.H., 1995. Rapid detection of polymorphism in yams (*Dioscorea* sp.) through amplification by polymerase chain reaction and rDNA variation. J. Sci. Food Agric. 67 : 303-307.
- NAGASAWA A., FINER J.J., 1989. Plant regeneration from embryonic suspension cultures of chinese yam (*Dioscorea opposita* Thumb.). Plant Science 60 : 263-271.
- NG S.Y.C., 1988. *In vitro* tuberization in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). Plant Cell Tiss. Org. Cult. 14 : 121-128.
- NG S.Y.C., 1991. *In vitro* conservation and distribution of root and tuber crop germplasm. In Crop Genetic Resources of Africa, Vol. II, N.Q. NG, P. PERRINO, F. ATTERE & H. ZEDAN (Eds). (2.3) : 95-106.
- NG S.Y.C., 1992. Tissue culture of root and tuber crops at IITA. In Biotechnology: enhancing research on tropical crops in Africa, G. THOTTAPPILLY, D.R. MONTI, D.R. MOHAN RAJ, A.W. MOORE (Eds). CTA/IITA, Ibadan, Nigeria, p. 135-141.
- NG S.Y., HAHN S.K., 1985. Application of tissue culture to tuber crops at IITA. In Biotechnology in international research. IRRI, Manila, Philippines, p. 29-40.
- NG S.Y.C., HUGHES D'A., THOTTAPPILLY G., 1997. Proposal for dissemination of *D. alata* germplasm. In Yam viruses, Annual Collaborators Meeting, IITA-JIC-NRI, Gatsby-funded Biotechnology Projects, 7-9 February 1997. Extended Abstracts, IITA, Ibadan, Nigeria, p. 18-19.
- NGALA O.Y., 1989. Effects of chemical treatment in the elimination of contaminants from yam (*Dioscorea rotundata* Poir. cv. bonakanda) tissue culture. Mémoire d'ingénieur agronome. Cuds, Dschang, Cameroun, 128 p.
- NIWATA E., MATSUNAKA K., FUKUSHI K., 1983. Clonal propagation of chinese yam (*Dioscorea opposita*) from shoot meristem tips. Tohoku Agricultural Research 33 : 255-256.
- OKOLI O.O., 1991. Yam germplasm diversity, uses and prospects for crop improvement in Africa. In Crop genetic resources of Africa. Vol. II. Proceedings of an international symposium, Ibadan, Nigeria, 17-20 October 1988 Vol. II, N.Q. NG, P. PERRINO, F. ATTERE & H. ZEDAN (Eds). IITA, Ibadan, Nigeria, p. 109-117.
- ONWUEME I.C., 1978. The tropical tuber crops. Yams, Cassava, Sweet potato, Cocoyams. J. Wiley & sons, Chichester, UK, p. 3-106.
- OOSAWA K., KURIYAMA T., SUGAHARA Y., 1981. Clonal multiplication of vegetatively propagated crops through tissue culture, 1. Effective balance of auxin and cytokinin in the medium and suitable explant part for mass production of plantlets in strawberry, garlic, scallion, Welsh onion, yam and taro. Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station. Series A. 9 : 1-46.
- ORSTOM, 1976. Rapport du service d'expérimentation biologique (Seb). Orstom, Adiopodoumé, Côte d'Ivoire.
- PATHIRANA R., 1991. Achievements and prospects of *in vitro* methods for conservation of plant genetic resources. In Conservation of plant genetic resources through *in vitro* methods. Proceedings of the MNCPGR/CSC international workshop on tissue culture for the conservation of biodiversity and plant genetic resources held in Kuala Lumpur, Malaysia, 28-31 May 1990, A.H. ZAKRI, M.N. NORMAN, A.G.A. KARIM & M.T. SENAWI (Eds). MNCPGR, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 213-230.
- PEDRALLI G., 1994. Collecting wild relatives of yam (*Dioscorea* spp.) in the Espinhaço range, Brazil. Plant Genet. Resour. Newsl. 97 : 51.
- PERRINO P., 1992. Plant genetic resources and their conservation. In Biotechnology: enhancing research on tropical crops in Africa, G. THOTTAPPILLY, D.R. MONTI, D.R. MOHAN RAJ, A.W. MOORE (Eds). CTA/IITA, Ibadan, Nigeria, p. 99-104.
- PHILLIPS S., BRUNT A.A., 1988. *Dioscorea* latent virus. AAB Descriptions of Plant Viruses, n° 335. Association of Applied Biologists, Wellesbourne.
- POLGE C.A., SMITH A.V., PARKES A.S., 1949. Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperature. Nature 164 : 666.

- POPOV A.S., VOLKOVA L.A., BUTENKO R.G., 1984. Significance of improved freezing program to organize a plant cell and meristem cryobank. In Plant tissue and cell culture application to crop improvement, F.J. NOVAK, L. HAVEL & J. DOLEZEL (Eds). Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, Czechoslovakia, p. 561-562.
- POPOV A.S., VOLKOVA L.A., 1994. Cryopreservation and some characteristics of *Dioscorea deltoidea* cell cultures in the vitamin-free medium. Russian Journal of Plant Physiol. 41 (6) : 815-820.
- POPOV A.S., FEDOROVSKII D.N., 1992. Injuries to the plasmalemma of *Dioscorea* cells cultured *in vitro* incurred in the process of their cryopreservation. Soviet Plant Physiology 39 (2-2) : 211-216.
- PORTH A., LESEMANN D.-E., VETTEN H.J., 1987. Characterization of potyvirus isolates from West Africa yams (*Dioscorea* spp.). J. Phytopathol. 120 : 166-183.
- RAMSER J., LOPEZ-PERALTA C., WETZEL R., WEISING K., KAHL G., 1996. Genomic variation and relationships in aerial yam (*Dioscorea bulbifera* L.) detected by random amplified polymorphic DNA. Genome 39 : 17-25.
- RAO V.R., RILEY K.W., 1994. The use of biotechnology for conservation and utilization of plant genetic resources. Plant Gen. Res. Newsletter 97 : 3-19.
- SADIK S., 1977. A review of sexual propagation for yam improvement. Proceedings of the 4<sup>th</sup> Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, p. 40-44.
- SAKAI A., 1984. Cryopreservation of apical meristems. In Horticultural Reviews, J. JANICK (Ed). Purdue University, p. 357-372.
- SALAZAR S.S., FERNANDEZ R.Z.Z., 1988. Thermo-therapy, shoot tip culture, axillary bud proliferation and plant regeneration in yam (*Dioscorea trifida* L.). In VII<sup>th</sup> Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Gosier (Guadeloupe), 1-6 July 1985. Les colloques de l'Inra, Inra, Paris, p. 439-445.
- SALEIL V., 1986. Développement *in vitro* des apex isolés à partir de deux espèces d'igname : *D. alata* et *D. trifida*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle. Ustl, Montpellier, France, 149 p.
- SALEIL V., DEGRAS L., JONARD R., 1990. Obtention de plantes indemnes du virus de la mosaïque de l'igname (Ymv) par culture *in vitro* des apex chez l'igname américaine *Dioscorea trifida* L. Agronomie 10 : 605-615.
- SCHAFER W., GORZ A., KAHL G., 1987. T-DNA integration and expression in a monocot crop plant after induction of *Agrobacterium*. Nature 327 : 529-532.
- SENGUPTA J., MITRA G.C., SHARMA A.K., 1984. Organogenesis and tuberization in cultures of *Dioscorea floribunda*. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 3 : 325-331.
- SHIRAKO Y., EHARA Y., 1986. Rapid diagnosis of chinese yam necrotic mosaic virus infection by electro-blot immunoassay. Ann. Phytopath. Soc. Japan 52 : 453-459.
- STANWOOD P.C., BASS L.N., 1981. Seed germplasm preservation using liquid nitrogen. Seed Sci. & Technol. 9 : 423-437.
- TANAKA S., 1977. Chinese yam *Dioscorea opposita* Thunb. in Japan. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter 10 : 4-5.
- TANNOURY M., RALAMBOSSA J., KAMINSKE M., DEREUDDRE J., 1991. Cryoconservation par vitrification d'apex enrobés d'œillelets (*Dianthus caryophyllus* L.) cultivés *in vitro*. C.R. Acad. Sc. Paris, Série III 313 : 633-638.
- TERAUCHI R., CHIKALEKE V.A., THOTTAPPILLY G., HAHN S.K., 1993. Origin and phylogeny of Guinea yams as revealed by RFLP analysis of chloroplast DNA and nuclear ribosomal DNA. IITA-Research 6 : 1-6.
- THOUVENEL J.-C., DUMONT R., 1990. Perte de rendement de l'igname infectée par le virus de la mosaïque en Côte d'Ivoire. Agron. Trop., p. 45.
- THOUVENEL J.-C., FAUQUET C., 1979. Yam mosaïc, a new potyvirus infecting *Dioscorea cayenensis* in the Ivory Coast. Ann. appl. Biol. 93 : 279-283.
- THOUVENEL J.-C., FAUQUET C., 1986. Yam mosaic virus, n° 314. Description of plant viruses. Association of Applied Biologists. December 1986. Kew, Surrey, UK.
- TOR M., MANTELL S. H., AINSWORTH C., 1992. Endophytic bacteria expressing beta-glucuronidase cause false positives in transformation of *Dioscorea* species. Plant Cell Reports 11 (9) : 452-456.
- TOR M., AINSWORTH C., MANTELL S.H., 1993. Stable transformation of the food yam *Dioscorea alata* L. by particle bombardement. Plant Cell Reports 12 (7-8) : 468-473.
- TROUSLOT M.-F., 1985. Analyse de la croissance et morphogénèse de l'igname *Dioscorea* complexe *D. cayenensis*-*D. rotundata*. Orstom, Collection Travaux et Documents n° 185, 370 p.
- TROUSLOT M.-F., CHAMPAGNAT M., TORT M., LOISEAU M., ERAUD C., 1993. Developmental morphology of seedlings of *Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata* complex. Phytomorphology 43 : 49-57.
- TWYFORD C., MANTELL S.H., 1990. Cultural conditions required for cell division, callus induction and early stages of somatic embryogenesis in protoplast and tissue explants of *Dioscorea alata* L. cv. Oriental. Proc 8<sup>th</sup> Symp November 1988, Bangkok. ISTRC, Bangkok, Thailand, p. 624.



- TWYFORD C., MANTELL S.H., 1996. Production of somatic embryos and plantlets from root cells of the Greater Yam. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 46 : 17-26.
- TWYFORD C.T., VIANA A.M., JAMES A.C., MANTELL S.H., 1990. Characterization of species and vegetative clones of *Dioscorea* food yams using isoelectric focussing of peroxidase and phosphatase isoenzymes. *Trop. Agric.* 67 : 337-341.
- URAGAMI A., SAKAI A., NAGAI M., TAKAHASHI T., 1989. Survival of cells and somatic embryos of *Asparagus officinalis* cryopreserved by vitrification. *Plant Cell Reports* 8 : 418-421.
- URAGAMI A., 1993. Cryopreservation of cultured cells and organs of vegetables. In Reprint from JICA GRP REF n° 6, 111-135.
- VIANA A.M., MANTELL S.H., 1989. Callus induction and plant regeneration from exised zygotic embryos of the seed-propagated yams *Dioscorea composita* Hemsc. and *D. cayenensis* Lam. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 16 : 113-122.
- WAITT A.W., 1963. Yams, *Dioscorea* Species. *Field Crop Abstract* 16 (3) : 145-157.
- WITHERS L.A., 1991. Crop strategies for roots and tubers : potato- A model for refinement, Yam, a problem for development. In Workshop on Conservation of Plant Genetic Resources, BECKER B. (Ed). ATSAF/IBPGR, Bonn., p. 11-14.
- WITHERS L.A., WHEELANS S.K., 1987. Database search on *Dioscorea* spp., *Ipomea* spp., *Manihot* spp., *Solanum tuberosum*, *Tropaeolum* spp. or *Ullucus* spp. Date of survey: 1985, search result: 119 records. IBPGR *in vitro* Conservation Databases, Univ. Nottingham, School of Agriculture, UK., 50 p.
- XINHUA F., QUIQUAN S., XINGCUN, J., 1986. Transformation of the monocot *Dioscorea opposita* using *Agrobacterium tumefaciens*. *Genetic Manipulation Crops Newsletter* 2 : 52-59.
- YAZAWA S., ASAHIRA T., 1979. Bulbil formation of *Dioscorea opposita* cultured *in vitro*. Memoir of the College of Agriculture, Kyoto University. *Crop Science Series* 113 : 39-51.
- ZOUNDJIHEKPON J., et al., 1997. Gestion des ressources génétiques des ignames africaines et conservation *in situ*. In Actes du colloque Gestion des ressources génétiques des plantes en Afrique des savanes. Bamako, Mali, 24-28 février 1997. IER-BRG-Solagral, Paris, France, 121-128.
- ZOUNDJIHEKPON J., TIO-TOURE B., 1992. Collecting wild yams in West Africa. Benin, Cameroon and Côte d'Ivoire. FAO/IBPGR, *Plant Genet. Resour. Newsl.* 90 : 39-41.





# **P**rogress towards the realisation of biotechnological tools for genetic improvement of *Dioscorea* spp.

S.H. MANTELL

Unit for Advanced Propagation Systems, Department of Biological Sciences, Wye College,  
University of London, Wye, Ashford, Kent TN25 5AH, UK

J. BOCCON-GIBOD

Institut national de l'horticulture, département de sciences biologiques, 2 rue Le Nôtre,  
49045 Angers Cedex, France

**Abstract** — Not only are yams important crop plants with significance for sustainable food production under tropical and subtropical climates but they also provide significant sources of industrial starch and biochemicals, particularly steroidal saponinins. This combined food and industrial product value makes yams a potentially important target for application of new biotechnologies. The last decade has seen a dramatic increase in the availability of new *in vitro* tools for rapid genetic improvement of vegetatively propagated crops like the monocotyledonous yams. Strategic deployment of laboratory techniques such as plant tissue and cell culture, cryopreservation, recombinant DNA technology, DNA-based diagnostics like PCR and RFLP and genetic transformation. With these *in vitro* tools, the potentials of making rapid and productive impacts on the survival and development of yam crops worldwide through programmes of pathogen elimination, rapid clonal multiplication, assisted breeding techniques and novel somatic breeding approaches to genetic improvement can be realised. Our paper presents an overview of current progress in the development and deployment of cell suspension cultures for production of steroids and for development of plant regeneration via somatic embryogenesis, attempts to use protoplast technologies for interspecific and intraspecific hybridisation, development of microtuber and recombinant DNA technologies to characterise yam tuber storage protein genes and to speed up the delivery of improved yam materials to farmers. In addition, the current prospects for achieving genetic transformation of the important food yam *Dioscorea alata* will be discussed. More widespread use of present day biotechnologies in genetic improvement programmes on yam crops is advocated, but only when these can be deployed in close collaboration with yam breeders and propagators working in the field with farmers.

**Résumé** — Vers la mise au point d'outils biotechnologiques pour l'amélioration génétique de l'igname (*Dioscorea* spp.). Les ignames sont non seulement des espèces cultivées importantes pour une production alimentaire durable en milieu tropical et subtropical mais également des sources d'amidon et de composés biochimiques comme les sapogénines de structure stéroïdale. L'important développement des biotechnologies permet, aujourd'hui, d'accélérer l'amélioration génétique des ignames. Il est possible d'envisager : la culture de tissus et de cellules végétales, la cryoconservation, les technologies d'Adn recombinant, les diagnostics basés sur l'Adn et enfin la transformation génétique. On devrait pouvoir envisager des effets rapides et positifs pour sauvegarder la culture des ignames et assurer son développement au niveau mondial, en mettant en œuvre des outils biotechnologiques dans des programmes d'élimination d'agents pathogènes, de multiplication clonale rapide, de sélection assistée ainsi que de nouvelles approches d'amélioration par la voie somatique. Cette communication présente une analyse des progrès actuels réalisés dans le développement des cultures cellulaires pour la production de composés stéroïdiques et pour le développement de systèmes de régénération de plantes via l'embryogenèse somatique. Elle fait aussi état d'essais concernant : la régénération de plantes à partir de protoplastes, les technologies d'Adn recombinant pour caractériser les gènes codant pour les protéines de réserve et enfin la micropropagation puis le développement de microtubercules pour accélérer la distribution d'ignames améliorées aux agriculteurs. De plus, les perspectives ouvertes par la transformation génétique de l'importante espèce alimentaire *Dioscorea alata* seront discutées. Une plus large utilisation des biotechnologies pour l'amélioration génétique de l'igname est souhaitable, toutefois celles-ci ne pourront être utilisées qu'en collaboration étroite avec des sélectionneurs et des agriculteurs-multiplieurs travaillant sur le terrain avec les producteurs.

## Significance of biotechnology for yams

For the purposes of this presentation, biotechnology in the context of yams is defineable as: "the scientific activity associated with the development and adaptation of *in vitro* technologies to problem solving and diversifying exploitation of yams for production of raw and processed biological materials used for food, medicinal and industrial purposes to the benefit of indigenous peoples, global societies and the environment". *In vitro* technologies include laboratory-based techniques such as plant tissue and cell culture, cryopreservation, gel encapsulation, recombinant DNA technologies (such as gene cloning, automated and semi-automated gene sequencing, non-radioactive labelled blotting, polymerase chain reaction), gene insertion, industrial-scale fermentation and microbial inoculant technology".

Apart from providing significant staple food for millions of people in the Caribbean, Central and South America, West Africa, S.E. Asia, and the Pacific, some *Dioscorea* species provide important industrial sources of the steroid drug precursor diosgenin (DEGRAS, 1993). The requirement of the pharmaceutical industry for this precursor in the 1950s and 1960s for production of the contraceptive pill and anabolic drugs led to the mass extraction of wild yams ("barbasco") from the forests of Central America eventually to various attempts to domesticate these wild species (e.g. types like *D. deltoidea*, *D. composita*, *D. spiculiflora* and *D. floribunda*). Although some cultivation of these species is still practised at the present time in Central and South America as well as in India through contractual arrangements with pharmaceutical companies most of the steroid precursors have been derived in more recent years from bile acids, cholesterol, other widely available (and cheaper) sterols like sitosterol and from other sapogenins related to diosgenin like hecogenin from *Agave* and from steroidal alkaloids like solasodine obtained from solanaceous plants (DAWSON, 1991). The industrial significance of diosgenin led to one of the first cell culture production processes using fermentors as a potentially viable commercial process (FOWLER, 1983). In West Africa, yam tubers are used also as an important source of industrial starch for

production of powdered foods, cloth stiffeners and paper supplements. The importance of yams as food

crops is well recognised (HAHN *et al.*, 1987) and this topic has been covered by others at this symposium. In the recent past, the consumption of yams was well in excess of cassava and plantains (ONWUEME, 1978). One of the main reasons, apart from political and economic ones, for the decline over the last decade or so of yam tuber consumption and production (viz. paper by BRICAS at this symposium) is that yam cultivation is severely hampered by the presence of significant virus and fungal infections, which cause substantial losses in plant vigour and tuber yields, and also they suffer from severe nematode and insect pest invasions which reduce tuber quality prior to and during tuber storage (see contributions by ZOHOURI, URBINO and QUENEHERVE at this symposium). These pest and disease problems can be eliminated satisfactorily from planting materials by application of *in vitro* culture techniques such as apical meristem culture (particularly for the elimination of systemic virus infections caused by West African *Dioscorea* Mosaic Virus and others) and nodal segment culture (for elimination of fungal, insect and nematode infestations of planting materials). Once clean planting stocks have been produced in the laboratory, these can be rapidly multiplied using simple micropropagation procedures (nodal segment culture, microtuber production and, possibly in the future, by more specialised techniques such as somatic embryogenesis leading to artificial yam seed). Clones can then be transferred to the field and farmers through certification stock schemes along the lines of ones which have been shown to be applicable in some specific situations (eg the islands of the Caribbean - MANTELL *et al.*, 1979; 1993) combined with some of the advantageous characteristics of miniset technology (see presentation by ORKWOR). However, the certification stock scheme approach may not be appropriate for many continental situations in tropical Africa, America and Asia where organisational structures required for regular monitoring, roguing and certification of planting stocks are lacking and, more importantly, the rates of reinfection by viruses and fungi experienced are relatively rapid due to the practice of multiple cropping and the close vicinity of pathogen reservoirs in primary and secondary forests on the fringes of yam fields. Therefore, in the case of yams produced in tropical Africa and other continental situations, the most productive approach to controlling and reducing the effects of yam diseases and pests in the medium and long term will be the development of genetic-based disease and pest resistances. The level of technology demanded of the farmer will be minimal and, most importantly, there will be no requirement for usage of agrochemicals which pollute the environment. Apart from the aforementioned disease and pest problems, the

1. Le noyau de la confédération (*amanto*), formé d'une demi-douzaine de petits royaumes ashanti, dont celui de Kumasi (de là le terme de confédération), avait dans la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle étendu son empire, d'une part, sur des provinces de langue et de culture akan et, d'autre part, sur des tributaires qui appartenaient à d'autres aires culturelles.

variable cooking and processing qualities of tubers of the same yam species in combination with the large sizes of yam plants (ie both vines and tubers causing difficulties for cultivation and the harvesting, transport and storage of tubers) are significant constraints to the adaptation of yam crops to modern marketing and consumer practices (viz. presentation by Sekou DOUMBIA). With respect to the steroid yams, there are several constraints for the cultivation of these on a large industrial scale: one of the most important is the fact that there is great variability in the levels of diosgenin accumulated by tubers of seed-propagated plants (PRESTON and HAUN, 1962). This yam which is typical of the steroid yams produces one irregular-shaped tuber per plant over several years; for commercial steroid production, subterranean tubers are harvested only after 3 years at which stage levels of diosgenin have accumulated sufficiently to make the crop economic to harvest. Aerial tubers are not usually formed on vines of field-grown plants of this polyploid species. Vegetative clonal propagation is possible by means either vine cuttings or tuber sets but the rates of multiplication from both of these sources are low (COURSEY, 1967; VIANA and FELIPPE, 1988). Clonal multiplication of several steroid yam species via somatic embryogenesis is now available (AMMIRATO, 1984; VIANA and MANTELL, 1989) and complete plantlets can be obtained easily through nodal segment culture and microtuber induction (ALIZADEH *et al.*, 1998).

Many of the agronomic problems associated with yam can be tackled in the relatively short term by vigorous and careful selection of landraces with appropriate characteristics - a practice which, of course, has been deployed actively over the centuries by both native and modern farmers alike. However, the rapid erosion of genetic diversity of yam landraces due to the above phytosanitary and innate agronomic and botanical characteristics of yam make the realisation of selection programmes extremely arduous and logistically prohibitive. The procurement and storage of yam germplasm as tissue culture gene banks (as has been done and is continuing to be done at IITA, Nigeria and at other CGIAR centres) brings the prospect of slowing down genetic erosion of yam landraces and of achieving medium and long term genetic conservation of yam races more feasible. For such conservation work to be effective it is imperative that correct and precise identification of vegetative collections be made. The recent development of biochemical and molecular fingerprinting techniques for yam such as Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs) generated by polymerase chain reaction (PCR) Restriction Fragment Length Polymorphisms (RFLPs) and Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLPs) now provides some real practical

solutions. New opportunities for the characterisation of specific genes controlling the expression of key nutritional traits such as protein and starch contents of yam tubers have now opened up as a result of recent recombinant DNA techniques. Following characterisation, the next question which faces yam improvement is how to transfer such genes from one yam plant to another by directed hybridisation? Unfortunately, the genetic improvement of yams by means of conventional breeding to improve tuber quality traits and the abilities of yam plants to withstand biotic stresses induced by pathogens and pests is grossly exacerbated by the fact that many of the selected vegetatively propagated landraces of yam have frequently lost their abilities to flower and to set seed. Besides, in those cases where adequate flowering and seed set occurs, the essential characteristics of *Dioscorea* floral biology are poorly understood (see presentation at this symposium by ZOUNDJI-HEKPON and PIERRE). This situation is far from a stage where breeding could therefore be considered a routine matter. One of the major problems facing a breeder of yam is the high degrees of heterozygosity and juvenility expression in early generations of seedlings produced from selected parents as has been observed following hybridisation of selected parents of the *D. rotundata-cayenensis* complex in Nigeria (AKORODA, 1983, WILSON and VICTOR, 1980) and *D. alata* at the Tropical Root and Tuber Research Institute (TRTRI) Trivandrum, India (ABRAHAM *et al.*, 1986). In both cases, such poor tuber qualities and high degrees of phenotypic variability were obtained in the F<sub>1</sub> generations that a great deal more introgressive breeding spanning many generations would be required before desirable agronomic and disease resistance traits could be incorporated and the original cultivar traits stabilised satisfactorily. In view of this high heterozygosity, the development of haploidisation methods (microspore, ovule and anther culture techniques) for yam are now long overdue. Yet few serious attempts have been made in this direction. In addition, the advent of both somatic hybridisation and specific gene transfer technologies present useful adjuncts to traditional approaches to conventional breeding of many crops and there is clearly a need to consider such alternatives for yam in which the prospects for rapid genetic improvement in the short term (i.e. over the next decade or so) appear to be severely limited.

This presentation aims to review current progress made over the last decade to develop biotechnological tools for *Dioscorea* yams so that perhaps many of the constraints to yam production can be tackled in conjunction with the continuing efforts of yam breeders and yam agronomists reviewed and described in other presentations made at this symposium.

## Progress towards development of biotechnological tools for yam improvement

There are many ways biotechnology can assist breeders develop more efficient and novel genotypes of crop plants in a comparatively short time frame. *In vitro* technology tools are invaluable for propagation and breeding (MANTELL *et al.*, 1985). In the case of a predominantly vegetatively propagated crop like yam various plant tissue culture techniques can be deployed, as mentioned above, to advantage: systemic pathogens like viruses can be eradicated, fungal and bacterial pathogens eliminated from planting stocks, the transmission of pests like insects and nematodes from season to season can be avoided, delivery of selected elite genotypes can be hastened from the laboratory to the field by rapid clonal multiplication using various forms of micropropagation (nodal segment culture, organogenesis and somatic embryogenesis), diverse landraces and cultivars can be stored for protracted periods of time in disease-free conditions using either cryopreservation or limited a range of growth storage techniques. Yam breeding can be assisted by development of dihaploid homozygous parents with reduced chromosome complements in a relatively short time frame by regeneration of plants from unfertilised ovules, immature anthers and microspores, novel routes to hybridisation between either sexually incompatible genotypes or non-flowering clones are possible using protoplast fusion and culture techniques (somatic hybridisation). In addition, there is potential scope for employing somaclonal and protoclonal variations exposed in yam plant regenerants derived from cell and protoplast cultures to generate novel yam cultivars with improved levels of resistance to abiotic and biotic stresses. The prospects of using genetic transformation to incorporate foreign genes into yams conferring resistance to virus, fungal and bacterial diseases could not be better providing that efficient plant regeneration and selectable marker systems can be developed for the agronomically important yam cultivars.

Following is a review of the progress which has already been made in various laboratories around the world to deploy and develop biotechnological tools for *Dioscorea* spp. in the context of scientific developments in crop biotechnology in general. The development of plant tissue culture techniques such as meristem tip culture in the 1950's and 1960's for eradicating virus diseases and other pathogens from a wide range of vegetatively propagated horticultural crops like potato, dahlia, carnation, chrysanthemum, apple and grape opened up many new possibilities for the deployment of such cleaning procedures in

tropical tuber and root crops like yams. This effort was largely started in the 1970's as part of international aid projects in the Eastern Caribbean (MANTELL *et al.*, 1980) and continued successfully throughout the 1980's as part of international and regional projects like those based at IITA (e.g. NG, 1992), Nigeria or at centres like Institut national de recherches agronomique (Inra), Guadeloupe (SALEIL *et al.*, 1990). The bulking and delivery of virus-tested planting stocks to the field and the farmer has been aided by the exploitation of axillary shoot culture (e.g. MANTELL *et al.*, 1978, 1979), microtubers (MANTELL and HUGO, 1989) and minisetts (see ORKWOR, this seminar). Microtuber systems were developed for application to yams in the mid 1980's as these were being described for other tuberous crops like potato and recently studies have been conducted at IITA to compare the performances in the field of plants produced from yam seed tubers raised from either microtubers or minisetts (NG and MANTELL, 1996). During the late 1980's, the development of more advanced cell-based culture techniques was started for yams. To date, there have been some successes with the use of liquid culture systems for regeneration of plants via somatic embryogenesis from seedling explants (AMMIRATO, 1984), cell suspension cultures (NAGASAWA and FINER, 1989), root tip explants (TWYFORD and MANTELL, 1996) and young leaves but difficulties are still experienced with regenerating plants from a wide range of yam genotypes.

### Pathogen elimination, genetic conservation and clonal multiplication of elite selections

#### Apical meristem tip culture

The application of plant tissue culture techniques to the production of pathogen-free plants has already been reviewed by MANTELL (1993). They have been successfully applied so far to *D. alata* (MANTELL *et al.*, 1980), *D. rotundata* (NG, 1992) and to *D. trifida* (SALEIL *et al.*, 1990) for the elimination of a range of potyvirus infections. Plantlets weaned *ex vitro* after testing negative with either polyclonal or monoclonal antibodies raised to purified yam potyviruses (in combination with electron microscope examinations of leaf tissue and sap samples) form a nucleus of virus - tested mother plants from which microplants can be rapidly multiplied by micropropagation independent of reinfection in a tissue culture environment for their subsequent introduction into a field scale seed tuber certification stock scheme. One such scheme operated successfully in Barbados during the late 1970s and early 1980s producing

virus-tested seed tubers of the desirable cultivar White Lisbon (MANTELL *et al.*, 1991). The benefits resulting from elimination of virus were increased tuber yield (30 - 40% increases were commonly measured) and freedom from the Internal Brown Spot Disease (caused by potyvirus/rhabdovirus infection complex). The economic benefits to the yam farmer were measured during experiments conducted in the early 1980s in the Eastern Caribbean islands by the Caribbean Agricultural Research and Development Institute (for a summary see BUNDERS and BROETJES, 1992) giving cost benefits of over 300% on small farms in St Lucia (data also presented in MANTELL, 1993).

Meristem culture is also invaluable for creating *in vitro* yam germplasm banks for conservation of yam landraces and the technique has been used to develop collections of a range of species of yam by MANTELL (1994), NG (1994) and MALAURIE *et al.* (1995). With such collections it should be possible to make safe international transfers of germplasm without incurring the risk of spreading pathogenic agents from one country or region to another. The multiplication and storage of yam germplasm is greatly facilitated by the application of micropropagation techniques (MANTELL *et al.*, 1985).

### Nodal segment culture

Many tuber and root crops can be micropropagated efficiently using plain Murashige and Skoog salts medium (MURASHIGE and SKOOG, 1962) without growth regulators. *Dioscorea* yams are no exception and one of the earliest reports of successful *in vitro* culture of yam nodal segments was that made by MAPES and URATA, 1970. Thereafter, nodal segments excised from developing vines of a range of different yam species (both steroid and food types) have been used successfully to clone elite mother plants of *D. floribunda* (SITA *et al.*, 1976), *D. alata* and *D. rotundata* (MANTELL *et al.*, 1978; MANTELL, 1993), *D. rotundata* (NG, 1988; 1992), *D. composita* (ALIZADEH *et al.*, 1998), and many others (MALAURIE *et al.*, 1995). With the ability of nodal shoot cultures to produce miniature tubers in culture stages, the transfer and shipment of yam germplasm from one country to another by mail and the introduction of germplasm from tissue culture into the field has gained extra momentum. The ability to induce tubers in tissue cultures has also opened up the way to novel opportunities for mounting detailed fundamental studies on the physiology and molecular biology of yam tuber induction and bulking.

### Microtuber technology

Since the 1980s microtuber techniques have been developed successfully for both the food and steroid yams. Induction and growth of microtubers in *Dios-*

*corea* have been found to be under control of several factors which act individually and synergistically together. These factors include certain growth regulators - mainly cytokinins (MANTELL and HUGO, 1989), auxins (JEAN and CAPPADOCIA, 1992; ALIZADEH *et al.*, 1998), abscisic acid (JEAN and CAPPADOCIA, 1992) - sugar concentrations (FORSYTH and VAN STADEN, 1984; NG, 1988; MANTELL and HUGO, 1989) and photoperiod and light quality (NG, 1988; MANTELL and HUGO, 1989; JEAN and CAPPADOCIA, 1991; JOHN *et al.*, 1993). The stress-induced compounds jasmonic acid and related substances are newly recognised growth regulators distributed widely in plants (SEMBDNER and PARTHIER, 1993), which affect many physiological processes including tuber formation in potato, Jerusalem artichoke and *Dioscorea batatas* (KODA and KIKUTA, 1993). Recently, the effects of jasmonic acid (JA) applied as a liquid in the medium and its methylester (MeJA) applied either in the medium or as a vapour on shoot growth and microtuber formation were evaluated by JASIK and MANTELL (1998) in three of the main food yam species *D. alata*, *D. cayenensis* and *D. rotundata*. Single nodes with leaves, derived from *in vitro*-multiplied material, were used as explants. Microtuberisation was supported in all three species by either JA or MeJA added in the medium. Significant promotory effects were observed only when photoperiod (8h), salt compositions (reduced nitrogen media) and sucrose concentrations (4 - 6%) known to favour microtuberisation processes in yams (see above references) were applied. MeJA delivered to cultures as a vapour strongly inhibited microtuber differentiation in *D. alata* on all media tested but in *D. rotundata* and *D. cayenensis* yams MeJA when applied in the vapour phase, exhibited slight promotory effects. Of a range of different auxins tested by ALIZADEH *et al.*, (1998) on shoot cultures of the steroid yam *D. composita*, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4 - D) inhibited microtuberization when present in media at 2.5 and 5.0 M and it showed a strong effect on morphogenesis, promoting the development of highly hypertrophied root systems. Of the cytokinins tested, bezyladenine (BA) decreased by half the percentage of microtuberization at all concentrations evaluated compared to the control (no growth regulator addition to the medium). This cytokinin also induced abnormal development of shoots - severe stunting and thickening of stems with much reduced leaf sizes. Abscisic acid (ABA) at all concentrations tested did not have any inhibitory effects on either shoot growth or microtuberization processes. Promotive effects of the auxin naphthyleneacetic acid (NAA) and the growth retardant ABA on yam microtuberisation were reported by AMMIRATO (1984) in shoot cultures of the food yams *D. bulbifera* and *D. alata* and by SENGUPTA *et al.* (1984) in the case of a steroid yam *D. floribunda*, a steroid yam related



to *D. composita*. After removal from culture tubes and washing in tap water, *D. composita* microtubers sprouted 2 weeks following planting in seed trays. Sprouting levels varied from 60 to 87% according to the growth regulators used in tissue culture media (ALIZADEH *et al.*, 1998). Applications of 2-chloroethanol (2-CE) at 6% v/v to yam (*D. alata*) microtubers decreased significantly the number of days before first sprout emergence from 40 to 18 days. Most microtubers sprouted by 40 days in the absence of 2-CE dips. Applications of 2-CE at 12% v/v blocked microtuber sprouting completely and there was a strong interaction between the plant growth regulators ABA, KIN and 2-CE on yam microtuber germination levels. Highest microtuber sprouting levels (80%) were obtained when 2-CE treatment was omitted. Pregerminated microtubers produced vigorous plants under glasshouse conditions. Weaned microtuber-produced plants generated tubers of substantial sizes and weights (> 100 g) that were large enough for subsequent seed tuber production (ALHASSAN, 1991).

In most *Dioscorea* species so far studied, *in vitro* shoots are able to produce microtubers > 100 mg in fresh weight under induction conditions within 10 - 15 weeks and these have great potential for rapid multiplication and distribution of pathogen-free clonal material in international yam germplasm exchange programmes (NG and MANTELL, 1996). Microtubers of this size are required for planting directly into unsterilised soil (AMMIRATO, 1984) and germinate to produce vigorous new plantlets which after 6 - 9 months can produce tubers of 600 - 800g fresh weight - a size ideal for seed tubers (MANTELL, 1988, 1993; NG and MANTELL, 1996).

### Microbial symbionts/contaminants

When cultured *in vitro* from nodal segment and shoot tip explants of vigorously growing vines, most *Dioscorea* produce clean healthy shoots which can be multiplied satisfactorily using standard microcutting techniques. Plantlets derived from yam apical meristems can also yield planting materials free of yam viruses. However, it has been found that apparently healthy yam shoot cultures can support a surprisingly high level of exopolysaccharide-embedded surface microflora (particularly bacteria and microyeasts) while developing no obvious signs of microbial contamination on culture media (MANTELL, 1997). Surface contaminants were first recognised during a series of Scanning electronic microscope (SEM) studies on the development of shoot cultures and yam microtubers. It was only when cultures were shipped by air mail (i.e. in the dark under fluctuating temperature conditions) or when shoot cultures were allowed to age for several months before subculturing, did any conspicuous signs of bacterial growth on tissue culture media begin to appear at the bases

of shoot cultures. Also when yam shoot tissues were used as sources of explants for cell or protoplast culture studies the presence of covert bacteria contaminants in two key food yams - *D. alata* and *D. cayenensis* were discovered. Results of our studies over a ten-year period on the natures of microbial contamination in tissue, cell and protoplast cultures of *Dioscorea* spp. using electron microscopy, tissue print immuno-blotting and PCR techniques have indicated the presence of intracellular (endophytic) bacteria (*Citrobacter* and *Curtobacterium* spp.) and intercellular microyeasts (as yet unidentified) in apparently healthy uncontaminated yam cultures (MANTELL, 1997). The frequency with which microbes were isolated from thoroughly surface sterilised yam tissues of mother stock plants either grown *in vivo* under field conditions in the tropics or under protected glasshouse conditions at Wye, UK was determined. This was of particular interest because of the known associations of symbiotic bacteria which colonise the acuminate (leaf-tip) glands of some wild forest yams, *D. sansibarensis* (MILLER and REPORTER, 1988) and which appear to be beneficial to the yam host. The presence of such bacteria may be connected with the close association of yams with insects such as ants which are attracted to extranectary glands located over the stems, shoots and leaves of yams. Bacteria may well colonise these glands and bring additional benefits to their hosts. In addition, the presence of endophytes in yams provides an opportunity to investigate the possibilities of transforming these natural colonisers to bring about more efficient symbiotic relationships and to also integrating into them useful genes that could express proteins which confer pest and fungal resistance. Increasing observations that food yams were frequently difficult when establishing *in vitro* cultures led us to carry out a survey of yam shoot and tuber tissues for the presence of intimate microbial associations on Caribbean yams during 1992. Isolation of bacteria from surface sterilised nodal segments and young tuber pieces field- and glasshouse-raised plants in Jamaica and Costa Rica showed that at least 95% of yam tissues cultured on bacteriological media following standard surface sterilisation treatments contained bacterial contaminants belonging mainly to the genera *Serratia*, *Enterobacter*, *Xanthomonas*, *Curtobacterium* and *Pseudomonas*. In one Costa Rican *D. alata* cultivar "Antillano", an unidentified microyeast was consistently present in nodal segment cultures to such an extent that it proved impossible to obtain completely aseptic cultures of this yam. Yet despite the presence of what appears to be a truly endophytic microbe, this yam is extremely vigorous and produces tubers of good quality. Detailed SEM studies revealed that in most tissue culture accessions small numbers of bacteria appeared to survive standard surface sterilisation procedures and this was

attributed to the presence of copious matrix covering bacteria around and under glandular hairs. The truly internal positions of some bacteria contaminating yam shoot cultures was also dramatically demonstrated during a series of genetic transformation experiments which we carried out in 1990 - 1991, in which many false positives were detected following standard histochemical -glucuronidase (GUS) assays (TOR *et al.*, 1992). By making use of the histological GUS staining procedure we found that bacteria causing false positives were located in some cases well within the vascular tissues of roots and stems and that the main species responsible was *Curtobacterium flaccumfaciens*. We went on to show that this covert bacterium in yam contained a gene (1.4kb) homologous to the uidA gene (0.9kb) of *E. coli*. Our work confirmed that yam covert microbes were capable of taking up intercellular positions within yam shoot cultures *in vitro*. Because of the above results it was not surprising that when cell suspension cultures were derived from shoot culture explants, microbial contamination proved to be problematic. Other workers have reported having problems culturing cells and protoplast culture of *Dioscorea* spp. because of persistent contaminating bacteria, eg in *D. opposita* (NAGASAWA and FINER, 1989) and mesophyll protoplasts of *D. batatas* (SAUER and WALTHER, 1987). One contaminant which we found persistently in a *D. alata* cv Oriental Lisbon embryogenic cell suspension line was *Citrobacter diversus*. This bacterium proved to be sensitive to kanamycin so it was not a persistent problem during genetic transformation experiments (TOR, 1991; TOR *et al.*, 1993) in which this antibiotic was used as a selective agent. Results of a Transmission electronic Microscopy (TEM) study on the ultrastructure of cells in apparently "clean" embryogenic cell suspensions of *D. alata* revealed bacteria-like cells within double unit membrane-bound vesicles in most cells. These structures (20 - 30 per cell) are remarkably similar to the recently described symbiotic L-forms of endophytic nitrogen-fixing *Azotobacter* found in sugarcane (JAMES *et al.*, 1994). Further work is needed to establish whether or not the endophytes in yam play a similar role to the ones described in sugarcane and if such an association was proven, the findings could clearly have important implications for supplementation of nitrogen fertiliser applications in cultivated yam crops in the future.

One further area of investigation on beneficial microbial associations in yams are those concerning the role of arbuscular mycorrhizal fungi (VAMs) in yam roots and particularly those associated with improved phosphorus uptake by yams growing in acidic aluminium-containing soils. Results of a preliminary study on the colonisation of the roots of micropropagated (sterile) plants planted into a range of forest and field soils at or nearby the international Institute for Tro-

pical Agriculture (IITA) in Ibadan, Nigeria undertaken by CRAVEN-GRIFFITHS (1994) showed that in the root systems of all yam plants planted in unsterilised soils of nine diverse locations at IITA were all colonised by VAM fungi and that when sterile microplants of yam were inoculated with *Glomus manihotis* spores good colonisation was observed after seven weeks and the condition of the plants was excellent compared to uninoculated controls. This evidence points to there possibly being an advantage in ensuring that yam microplants are properly inoculated with an appropriate VAM to facilitate early plant growth following transfer from tissue culture to steam-sterilised soil in a nursery.

## Application of cell culture and genetic transformation techniques to breeding yams

As stated earlier, it is most likely that realisation of genetic transformation and the exploitation of *in vitro* breeding techniques for yams will be reality only when extremely efficient systems of plant regeneration are developed for this crop. Being a monocotyledonous plant, *Dioscorea* is difficult to regenerate without proper attention being paid to the sources of explants and the growth regulator conditions applied to induce either organogenesis and somatic embryogenesis. It is not a routine matter to regenerate many thousands of shoot or embryos from a small piece of leaf or stem tissue as can be achieved in the case of many herbaceous dicotyledonous plant species. Although there are several early papers in the literature claiming *de novo* plant regeneration in yams, there is some doubt as to whether the claims of regeneration were in fact genuine since it is possible for several axillary buds located at the stem node, for instance, to be produced along with the callus which develops when either nodal segments or petiole/leaf pieces are used as explants. Unless good histological evidence was presented with the described regeneration there is always doubt as to whether regeneration was from preexisting bud initials or from actual *de novo* differentiation of shoots or embryos. In some of the early reports there is also some doubt as to whether or not organogenesis or somatic embryogenesis was the main route of plant regeneration if indeed it was *de novo*. Since the comprehensive review of *in vitro* yam regeneration by AMMIRATO (1984), there have been several encouraging reports of *de novo* regeneration from tissue explants in which preexisting buds were excluded at culture initiation with the above problem in mind. Some of these are now reviewed briefly below.

## Callus culture and plant regeneration

Callus cultures of yam have been induced variously from a range of different explants in attempts to obtain adventitious shoots and somatic embryos. The explants from which morphogenic calli have been successfully obtained are for *D. alata*: axillary buds, shoot tips and nodes (BELARMINO and DELROSARIO, 1991), complete nodes, young leaves and petioles (FAUTRET *et al.*, 1985) and roots (TWYFORD, 1993); for *D. trifida*: young leaves (FAUTRET *et al.*, 1985) for *D. bulbifera*: nodes and leaves, aerial bulbils (UDUEBO, 1970); for *D. cayenensis*: mature zygotic embryos (VIANA and MANTELL, 1989); for *D. composita*: mature zygotic embryos and young leaves (VIANA and MANTELL, 1989; LEE, 1997); for *D. delicata*: young leaves (LEE, 1997); for *D. deltoidea*: shoot tips, hypocotyls of seedlings, young tubers; for *D. floribunda*: immature zygotic embryos, nodes, stem internodes and young leaf bases; for *D. laxiflora* and *D. olfersiana*: young leaves of *in vitro* plantlets (LEE, 1997); for *D. opposita*: stem segments, shoot apices, tubers and nodal segments; for *D. rotundata*: mature zygotic embryos (OSIFO, 1988). In most of the above reports, the main route of morphogenesis observed appeared to be organogenesis with the exception of those of AMMIRATO (1984), OSIFO (1988), VIANA and MANTELL (1989), TWYFORD and MANTELL (1996) and LEE (1997) which described somatic embryogenesis. As far as the authors are aware these reports have not included any detailed assessment of somaclonal variation in the regenerants obtained, except the one carried out by TWYFORD (1993) in which a population of approximately 100 somatic embryo-derived plants of *D. alata* cv Oriental were evaluated for morphological characteristics of leaves, stem and petiole colouration, tuber shape and tuber yield. The results of that study showed that apart from minor differences in pigmentation and shapes of leaves there were no other striking morphological changes in regenerants compared to the original clone propagated by nodal segment culture. This limited data indicate therefore that somatic embryogenesis in this species of *Dioscorea* has possible potential for the large scale mass multiplication of elite selected yam clones in the future. Recently direct shoot formation without callus formation was observed at a low frequency in young leaf explants of *D. alata* cv. White Lisbon transfected with the *Agrobacterium tumefaciens* wild strain A348. This striking response may have been the result of a balanced auxin/cytokinin metabolism induced following the introduction of T-DNA into wounded yam cells close to the petiole tissue which came into contact with this strain of *Agrobacterium*. Although eight other well described strains of *A. tumefaciens* were also tested on the same material only the Strain A348 produced a direct regeneration response. This observation is being followed up in order to deter-

mine if regeneration ability of yam cultivars can be improved through a transformation approach.

## Somatic embryogenesis

A useful starting point for somatic embryogenesis studies on monocotyledonous plants like yams is to use either immature or mature zygotic embryos because these tissues retain their totipotency as do young leaf bases of seedlings or *in vitro* plantlets. Calli induced from excised mature zygotic embryos of *Dioscorea composita* and *D. cayenensis* in the dark were competent to produce somatic embryos which progressed through to plantlets on media devoid of auxin and in cultures which were transferred to light conditions (VIANA and MANTELL, 1989). In the case of *D. floribunda*, AMMIRATO (1984) showed that it was possible to induce high frequency embryogenesis from mature zygotic embryos subcultured in liquid media. A similar approach was used by OSIFO (1988) in the case of *D. rotundata*. In the case of *D. alata* cultivars which are not able to flower readily and in which conservation of clonal characteristics is a key objective, TWYFORD and MANTELL (1996) discovered that it was possible to obtain highly embryogenic cell cluster suspensions from young root tips excised from shoot cultures. Morphogenically competent cell clusters were induced from 3-4 mm-long root segments excised from *in vitro* shoot cultures of the Greater Yam (*Dioscorea alata* L.) cv 'Oriental Lisbon' plated in a liquid MURASHIGE and SKOOG (1962) salts medium (PMS) supplemented with 1 mg/l 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 3% sucrose at 25 °C in the light. Embryogenic cell clusters released from subcortical regions of the root explants proliferated further into proembryonic cell masses which, when transferred to auxin-free medium, differentiated into somatic embryos. A proportion of the somatic embryos (as high as 80% in some experiments) converted to plantlets within two months after initial root segment culture. Cultural factors which affected somatic embryo maturation in liquid medium to the greatest extent were embryogenic cell cluster density and gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) level present in the medium. Optimal somatic embryo maturation occurred when the density of embryogenic clusters was adjusted to 2-4 per 5 ml PMS and when GA<sub>3</sub> was present in conditioned PMS medium at a concentration of 1.5 mg/l. The numbers of proembryonic masses, cotyledonary initiation-stage and late cotyledonary-stage somatic embryos, as well as shootless structures, were not significantly affected by any of the growth regulator treatments tested. At the cotyledonary stage, both the ABA and 2iP treatments gave the highest mean numbers of somatic embryos and GA<sub>3</sub>, of all the growth regulators tested, gave the strongest promotory effect on somatic embryo germination, with 30.6% of all somatic embryo structures present in this treatment converting into plants.



The production of embryogenic cell suspensions from root tips has meant that large amounts of totipotent cells for investigations on plate selection techniques (to select for herbicide tolerance and cell lines resistant to purified and partially purified culture filtrates of the anthracnose pathogen *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *dioscoreae*, protoplast isolation, culture and fusion (for somatic hybridisation between anthracnose tolerant and anthracnose sensitive cultivars of *D. alata* and other yam species). The availability of totipotent yam protoplasts facilitates rapid transient and stable gene expression studies in efforts to genetically transform yams with genes that confer resistance to diseases and pests.

### Protoplast culture and somatic hybridisation

The main aim of our yam protoplast research work has been to establish a protoplast to plant regeneration system which can be used for somatic fusion between *Dioscorea* distant and related species. This new hybridization technique provide some interest for the breeders because new genome combinations can be obtained. Somatic hybridization can also be used to increase genetic variability of the *Dioscorea* germplasm collections through exploitation of protoclonal variation. Direct transformation of protoplasts can also be used in specific cases where a good cultivar proves to be recalcitrant to other methods of genetic transformation and in which there may be evidence of chimeric transformation where multicellular explant targets are employed. Yam protoplast culture systems can also be directed towards the study of the interactions between yam cells of tolerant and susceptible cultivars of *D. alata* to culture filtrates of the anthracnose agent *Colletotrichum gloeosporioides* in crude or semi-purified forms. Preliminary studies on this topic have already been carried out by us (MOURA COSTA and MANTELL, 1993; KANDASAMY, 1996) and have shown that there is a close correlation between the potency (phytotoxicity) of both types of filtrates and relative virulence of isolates of the fungus on susceptible host cells and protoplasts of cultivars such as "White Lisbon" and the relative susceptibility of different cultivars of *D. alata* at the whole plant level (ie cells and protoplasts of the more tolerant cultivars "Plimbite" and "Belep" were less sensitive to culture filtrates of virulent strains of the fungus than those of "White Lisbon"). This finding now paves the way for the use of culture filtrates as a route to selecting more tolerant forms of *D. alata* from cells and protoplast populations *in vitro*.

The yam species used by us for preliminary protoplast isolation and culture work were *D. alata* (10 cultivars), *D. cayenensis-rotundata* (two cultivars), *D. bulbifera* (one cultivar), and *D. opposita* (one cultivar), maintained as nodal segment cultures according to the standard yam micropropagation method of MAN-

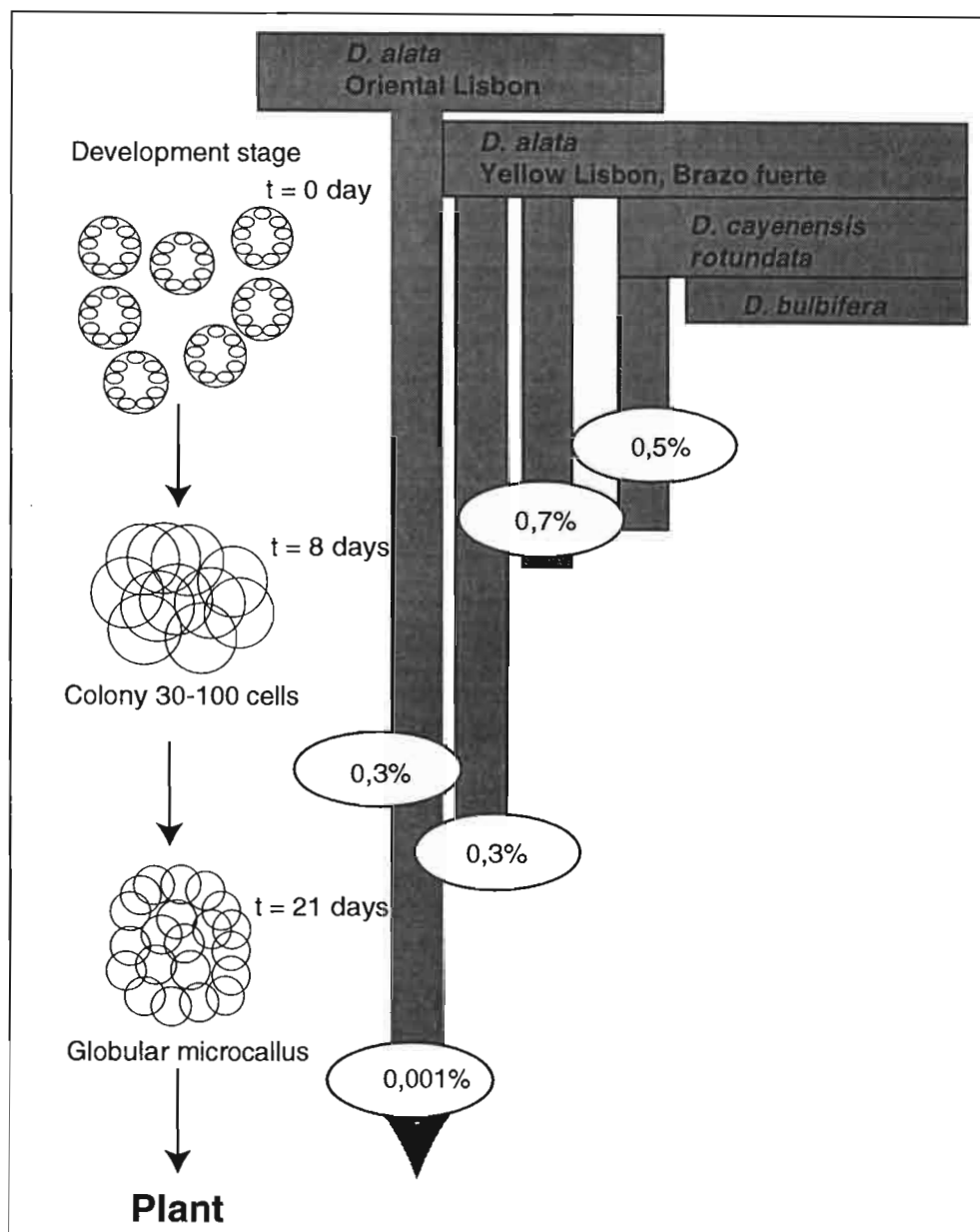
TELL *et al.*, 1978. Nodal segment cultures were incubated at 27°C under a constant 16h photoperiod regime delivering 63 mE/m<sup>2</sup>/s. Two culture collections of these yams were maintained and used independently of each other at INH, Angers, France and in the Unit for Advanced Propagation Systems, Wye College, UK. Two embryogenic cell suspensions lines of *D. alata* cv. Oriental Lisbon, "EC3" and "EC5", were used. Once established, cell lines were suspended in a complete MS salts medium (Flow Laboratories, UK) supplemented with 3% sucrose and 4.5mM 2,4-D referred to as YCSM (final pH 5.7) agitated at 90 rpm in the light (16h photoperiods delivering 63 mE/m<sup>2</sup>/s at 25°C. Subculturing was carried out every 7 - 10d using an initial inoculum density of 2.5 - 3.5 x 10<sup>3</sup> cell clusters/ml. Yam leaf mesophyll and cell suspension protoplasts were isolated purified and cultured according to the techniques describe by TOR *et al.*, (1998). The isolation medium used for yam mesophyll protoplasts (YPIM) consisted of filter-sterilised 0.7M mannitol, 10mM CaCl<sub>2</sub> and 0.01M 2-(N-morpholino) ethanesulphonic acid (MES), 2% (w/v) polyvinylpyrrolidone (PVP) with final pH adjusted to pH 5.8. Thin strips (< 2 mm wide) cut from young *in vitro* leaves (< 1.0 cm in length) were preplasmolysed for 2-3h in YPIM supplemented with cellulases, either CSG, CP or C345 supplied by Cayla F, Toulouse, France or 1% (w/v) Onozuka R10 (Yakult Honsha Ltd, Japan), and 0.2% (w/v) Macerozyme R10 (Yakult Honsha Ltd, Japan), 4.5mM 2,4-D and then digested for 15 - 18h in the dark. The protoplast were cultured at a density of 10<sup>5</sup>/ml in 0.2ml droplets of a yam protoplast culture medium (YPM) consisting of the macrosalts of SHAHIN and SHEPARD (1980), the microsals of MURASHIGE and SKOOG (1962), 55.6 mg/l NaEDTA, 41.7 mg/l FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 10 mg/l thiamine HCl, 4 mg/l nicotinic acid, 1 mg/l pyridoxine HCl, 0.01 mg/l folic acid, 0.1 mg/l biotin, 1mg/l each of calcium pantothenate, choline chloride, PABA and 2 mg/l ascorbic acid and 0.1 mg/l vitamin B2, 0.5M mannitol, 0.05M sorbitol, 0.05M glucose 0.005M myoinositol, 1.3 x 10<sup>-5</sup>M 2,4-D, 4.5 x 10<sup>-6</sup>M NAA and 4.5 x 10<sup>-6</sup>M kinetin. In most cases, the liquid version of this medium was used as 0.1 ml droplets distributed individually on the bases of either 35mm diam. plates (Falcon type as supplied by Poly Labo, Strasbourg, France) or 50mm diam. polystyrene petri dishes or 25-cell square replidishes (Sterilin, UK). Inoculated dishes were maintained under high humidity in sandwich boxes at 25°C in darkness. In other cases, yam protoplasts were immobilised in YPM solidified with 60mg/10ml agarose (Type VII, Sigma) as droplets covered by shallow layers of liquid YPM in 5cm diam. Sterilin petridishes. After 14 - 20d in the dark at 25°C, cultures were transferred to the light (16h photoperiods, 25 mE/m<sup>2</sup>/s) at the same temperature for microcallus development. Protoplasts were isolated from embryogenic cell clusters at 8d follo-

wing subculture. Cell clusters were first collected by centrifugation at 45 x g for 2 min. Aliquots (3 ml) of filter-sterilised YCPM supplemented with 0.1% (w/v) Pectolyase (Sigma, UK), 0.1% (w/v) Macerozyme R10, 1.5% (w/v) Onozuka R10 Cellulase in 10 mM  $\text{CaCl}_2$ , 1 mM  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , 0.008 M MES, 2% (w/v) PVP, 0.6 M mannitol, 4.5 mM 2,4-D (final pH adjusted to 5.8) were added to each collected cell cluster pellet and digestion performed for 6-7 h in darkness at 25°C on an oscillatory shaker. Released protoplasts were washed three times in isolation media but without enzymes and then purified by flotation on 24% sucrose solutions followed by a single wash in YCPM. The protoplasts isolated from the cell lines EC3 and EC5 were cultured at densities in the range of  $10^6$ - $10^5$ /ml in a similar manner to that used for mesophyll protoplasts except that the yam cell suspension protoplast medium (YCSPM) was used. This consisted of MS salts medium (1.5x strength Flow Laboratories formulation), 1.5% (w/v) sucrose, 1% (w/v) glucose, 0.38 M mannitol, 4.5 mM 2,4-D,  $4.5 \times 10^{-8}$  M kinetin and 200 mg/l carbenicillin (Sigma, UK). Final pH of both YLPM and YCSPM were adjusted to 5.8 before autoclaving or filter sterilisation, whichever method was appropriate according to the presence of heat-labile substances in the respective media being used. Protoplast cultures were assessed for cell division at 14 d and again for microcallus regeneration at 28 d after plating. Microcallus regeneration efficiencies were calculated as the percentage of regenerated cell colonies that were produced per total number of viable protoplasts originally plated. Protoplasts were isolated from calluses derived from nodal segments using YCSPM medium with CAYLA cellulase 1% (Toulouse, France) and Macerozyme R10 0.2%. The protoplast release yield observed was  $5 \times 10^6$  protoplasts/gr.fresh weight. Protoplasts were cultured in YCSPM medium. The highest yam protoplast yields from leaf material obtained during the current study were  $9.6 \times 10^6$  protoplasts per g fresh weight leaf tissue from a *D. cayenensis-rotundata* cultivar. More typically, yields of  $5.0 \times 10^6$  protoplasts per g fresh weight of leaf tissue were obtained in the cases of *D. alata* and *D. bulbifera* yams. Use of immature leaves was found to influence dramatically both the yields and the qualities of yam protoplasts. Division of protoplasts occurred generally within 2 - 5 d after culture. Protoplasts isolated from unexpanded leaves (< 0.8 cm in length) of all four species of yam and from embryogenic cell suspensions of *D. alata* were typically small with dense cytoplasmic contents. It was these protoplasts rather than larger vacuolated ones which divided and gave rise to microcolonies. Best protoplast plating efficiencies were obtained for *D. alata* cvs Oriental Lisbon and Yellow Lisbon in which microcolonies of 100 cells or more developed within 15 d of culture. In the case of yam cell suspension protoplasts isolated for the cell line EC3, the first

signs of sustained divisions occurred between 5 and 20 d. New cell development from yam protoplasts appeared to result from either an asymmetrical cleavage of the cytoplasm of the original protoplast leading to microcolony development or a smaller densely cytoplasmic cell following budding which then went on to divide repeatedly to produce microcolonies. In addition, the yam protoplasts obtained using the methods described above could be both electrically and chemically fused to produce fused cell products without substantial losses in viability (MANTELL, 1994). From callus protoplasts of *D. alata* cv. "Brazo Fuerte", colonies developed to the 10-20 cell stage were observed but only small colonies of 4-6 cells were observed after 15 days with *D. alata* cv. Yellow Lisbon (FUNES, 1989). It was observed that there is a strong genotype effect on the plating response of the different *D. alata*, *D. cayenensis-rotundata*, *D. bulbifera*, and *D. opposita* genotypes. The best plating efficiencies at the microcolony stage were obtained with the *D. alata* genotypes. A summary of the methods developed for yam protoplast culture in our two laboratories is shown in figures 1 and 2.

### Genetic transformation techniques

Attempts are being made in our laboratories to develop *in vitro* breeding approaches like somatic hybridisation and specific gene insertion to overcome the breeding barriers mentioned earlier and to speed up the genetic improvement of food yams. There is now much scope for introducing specific genes encoding a broad resistance to fungal diseases, ie tandem transformations with glucanase (GLU), chitinase (CHI) and ribosomal inhibitor (RIP) gene constructs, and to non-persistently transmitted potyviruses, ie sense and antisense genes of the coat protein (CP) gene of yam mosaic viruses. Following the earlier demonstration of genetic transformation of *D. opposita* and *D. bulbifera* using wild strains of *A. tumefaciens* by XINHUA *et al.* (1986) and SHAFER *et al.* (1987), respectively, we demonstrated in 1990 the transformation of *D. alata* cv "Oriental" using *A. tumefaciens* disarmed strains carrying binary vectors conferring kanamycin resistance and carrying the GUS reporter gene system (TOR, 1991). Following that we were also able to demonstrate unequivocally the stable genetic transformation of *D. alata* embryogenic cell suspensions using biolistic insertion methods (TOR *et al.*, 1993). Stable genetic transformation of *D. alata* embryogenic cell suspensions using biolistic insertion methods was also demonstrated for Oriental and, later, in collaboration with Dr J. Schiemann, BBL, Braunschweig, Germany the important Eastern Caribbean food yam *D. alata* cultivar "White Lisbon" was transformed by KANDASAMY (1996) using the new selectable markers of hygromycin and phosphinothricin resistance and other reporter genes like luciferase. In attempts to

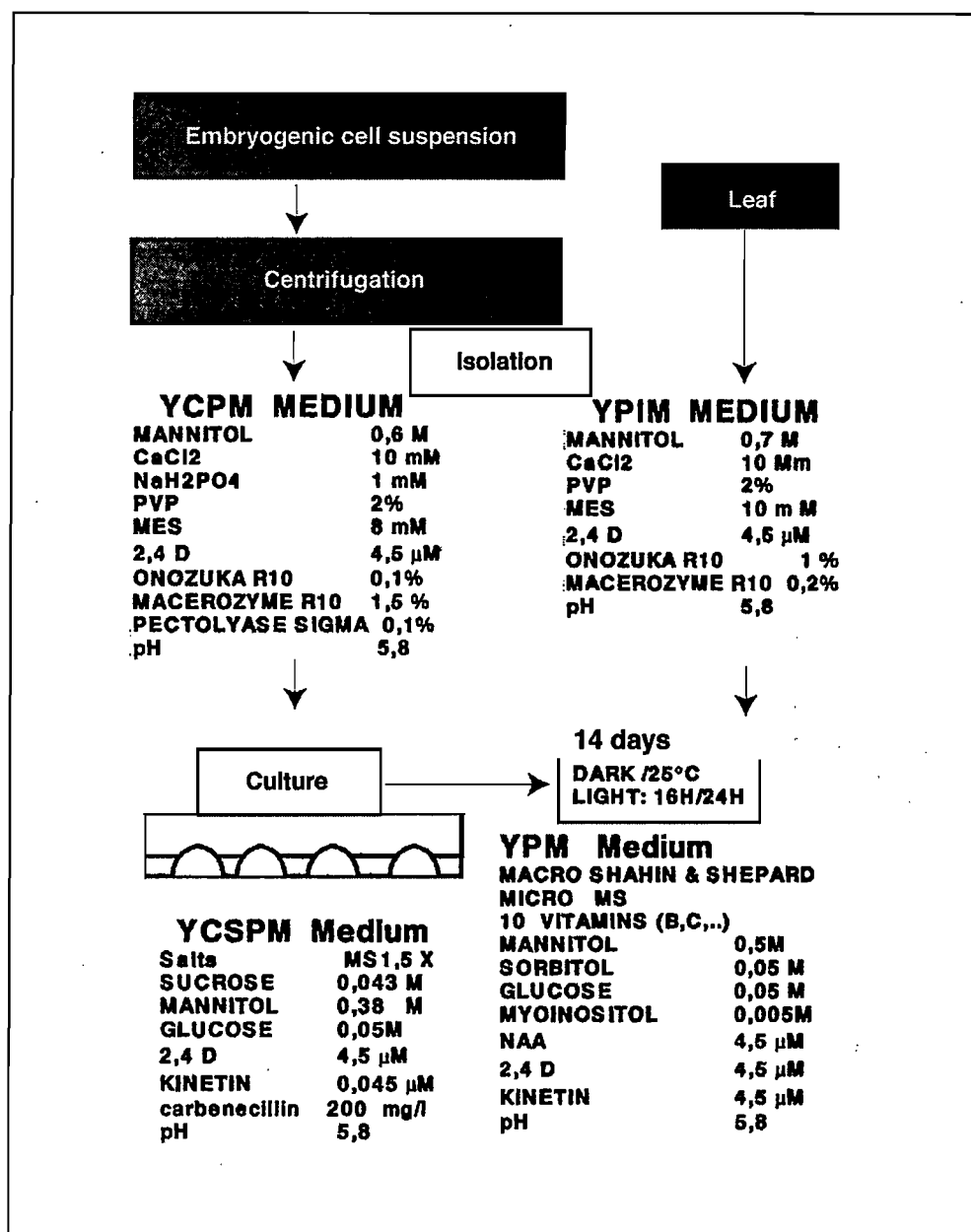


**Figure 1.** Relative success at different stages of yam protoplast culture through to plant production in the *D. alata* cv Oriental Lisbon (FUNES, 1989; TOR et al., 1998).

make better use of protoplast-based transformation systems in the food yams, the successful isolation and culture of yam protoplasts, we have demonstrated their value for studies on both transient and stable expression of polyethylene glycol-mediated uptake of foreign genes and their expression under the control of different promoters (TOR, 1991; TORRES ARZAYUS, 1997; TOR et al., 1998).

Plasmids of contrasting construction and size used in the DNA uptake experiments were pBI 221.2, pBI 221.54 and pBI 121.2 (JEFFERSON, 1987), pBSGUS.1 (kindly provided by M.Fromm, USDA - ARS, Plant Gene Expression Center, USA), and pJIT 137 (kindly provided by Dr Phil Molineux, John Innes Centre, Norwich, UK). Full details of the preparation of plasmids used in the current work are described by TOR

(1991) and TOR et al. (1993). Plasmids were either obtained as pure DNA solutions or in various *Escherichia coli* strains. In the cases where DNA solutions were provided, constructs were introduced into a relevant bacterial strain according to CHUNG et al. (1989). The forms of PEG tested initially for their respective effects on yam protoplast viability were MW 1 500, 4 000 and 6 000 at either 0, 10, 20, 30 and 40% (w/v). Since the results of preliminary tests showed that PEG 6 000 was not detrimental to protoplast viability when used in the range 20 - 30% (w/v). The GUS reporter gene system was used to measure the expression of the introduced GUS gene using both a MUG assay and the standard histochemical GUS assay following addition of appropriate substrates described and evaluated by TOR et al. (1992; 1993).



**Figure 2.** Culture details of yam protoplast isolation and culture (FUNES, 1989).

GUS expression levels in the range 600 - 800pmoles/MUmin/mg protein were obtained which represented a protoplast transformation frequency of  $8 \times 10^{-4}$  (ie 0.08% protoplasts appeared as blue staining units following incubation of protoplasts with X-gluc at either 36 or 48h after PEG treatment). Significantly, the regeneration of calli of *D. alata* cv Oriental Lisbon was achieved when alginate was used instead of agarose as a gelling agent in the primary culture (KANDASAMY, 1996). Protocols for transient gene expression in yams, have now led to the evaluation of monocotyledonous and dicotyledonous promoters driving the GUS reporter UidA gene and data obtained by TORRES ARZAYUS (1997) have shown that monocot ones such as ubiquitin, actin, ricin and emu are not more efficient than the dicoty-

ledonous ones of nopaline synthetase (NOS) or the 35S cauliflower mosaic virus promoters. Our primary targets for transforming favoured yam cultivars introducing specific genes encoding resistance to fungal diseases, ie using combinatorial constructs carrying GLU, CHI and RIP genes under the control of appropriate promoters as has been found recently to be successful in model plants like tobacco (JACH *et al.*, 1995) and to non-persistently transmitted potyviruses (ie sense and antisense genes of the coat protein of yam mosaic viruses). In the future, it is now planned to introduce other genes such as that of the lectin "galanthin" to develop cultivars with improved resistant to nematodes. Another activity we are undertaking with collaborators like Professor Gunter Kahl and Dr Ryohei Terauchi at the University of Frankfurt

is to insert the above genes under the control of endogenous yam promoters into embryogenic calli. Recently the promoter for a Pathogenesis Related Protein (PRP) 4 in *D. bulbifera* cell suspensions which is specifically activated when these are challenged with crude culture filtrates of *C. gloeosporioides* has been cloned and sequenced. We are currently shooting CHI, GLU and RIP gene constructs under the control of this yam PRP4 promoter into embryogenic cells of the anthracnose susceptible *D. alata* cv "White Lisbon" and tobacco leaf pieces (as a control). Furthermore, in 1996 with colleagues Dr Philippe Lepoivre and his team at the Université de Gembloux, we succeeded in obtaining transgenic plants of *Nicotiana benthamiana* expressing different sense and antisense constructs of the YMV-CP gene of West African Yam Mosaic Virus (TORRES ARZAYUS, 1997). The transgenic status of plants carrying each one of the four different constructs of the CP-YMV gene were confirmed by Southern analyses, dot blotting and by PCR techniques. When these transgenic plants were infected with a standard inoculum of a virulent strain of the virus (*N. benthamiana* is an alternative host of the yam virus) effective cross protection was evoked by the introduced antisense gene. The highest CP-YMV gene induced protection was obtained in plants containing the antisense CP-YMV form, followed by plants containing the sense and translational codon. No protection was observed on plants containing an truncated CP form. These data indicate that the strategy of introduced genetic virus resistance is working against the yam virus and the next step is to introduce the functional CP gene constructs into *D. alata* yams using the transformation systems described above.

## Assisted breeding techniques and tools

The development of biochemical markers such as isoenzymes (working on the one enzyme - one protein - one gene principle) provide a method for breeders to map inheritance patterns in different and contrasting breeding populations. These markers also allow more definitive identification of clonal germplasm collections since duplicated accessions are both wasteful and spurious. Examples of where these techniques have been applied to yam breeding are fairly recent. ZOUNDJIHEKPON *et al.*, 1994 published the first account of a "tight" breeding situation in which isoenzymes were used to follow inheritance patterns in progeny of defined male and female parents of *D. cayenensis-rotundata* using six isoenzymatic systems - esterase, isocitrate dehydrogenase, malate dehydrogenase, 6-phosphogluconate dehydrogenase, shikimate dehydrogenase and phosphoglucoisomerase. For clone and species identification in *Dioscorea* food yams, the application of peroxi-

dase and acid phosphatase isoenzyme systems separated by more sensitive isoelectric focussing on polyacrylamide gels has been found to be applicable by TWYFORD *et al.* (1990). The recent arrival of RAPD-PCR, RFLP and AFLP technologies over the last five years has had a dramatic effect on breeding strategy and timetables in a number of important crops. These DNA fingerprinting methods have the advantage that they can be used independent of environment x genotype interactions unlike biochemical markers. So far they have been used to determine phylogenetic relationships between *D. bulbifera* accessions from diverse geographical locations (eg RAMSER *et al.*, 1996) and for distinguishing the origins of populations of this yam species using restriction digestion mapping of chloroplast DNA (TERAUCHI *et al.*, 1989; 1991). Use of random oligoprimers to generate polymorphic DNA banding patterns to distinguish different accessions of yam germplasm has been successfully demonstrated (MANTELL, 1994; NARAYANASWAMY, 1994; NG and MANTELL, 1997). Recently, a combination of an initial separation of RAPD-PCR products followed by RFLP techniques (so-called "RAMPO"s) have been used highly successfully by Professor Gunter Kahl's group to distinguish between accessions of different yam species, cultivars and clones (RAMSER *et al.*, 1997).

In addition to the development of genetic fingerprinting techniques the last decade has seen an explosion in the numbers of plant genes which have been identified, cloned and sequenced giving essential information on gene function, regulation and expression. Once this kind of work is done, many opportunities for the manipulation of specific key genes which control protein, starch and secondary metabolite production becomes a realistic proposition. Information on genes in one plant can lead to rapid identification and sequencing of related genes in others. In the case of yams, one of the most abundant genes in tubers has now been cloned and sequenced by the yam team at Wye College. Details of investigations to isolate tuber storage proteins from different yam species, *in vitro* translation of isolated mRNA to generate a cDNA library, and the identification of cDNA clones which were specifically correlated with synthesis of the one of the main polypeptides, a 32kD protein present in at least six of the main *Dioscorea* food yams and now called dioscorin. As a result of the identification of candidate clones the full sequence of the 32kd tuber storage protein has been elucidated and details published recently by CONLAN *et al.* (1995). The key features of the gene cloning and sequencing work have shown that codon usage is more dicot-like than monocot-like and that the sequence was closely matched (c. 85% sequence homology) by those of genes in databases encoding carbonic anhydrase in mammalian liver. It is therefore possible that dioscorin may be an enzymic pro-

tein with activities closely related to those of carbonic anhydrases. From CONLAN's studies it would appear that the expression of the dioscorin gene is tuber specific and since the sequences upstream of the gene have also been characterised it is possible that a second yam promotor (in addition to the PRP4 promotor mentioned above) may well be close to being identified which might then facilitate specific tuber expression of any genes introduced into yams in the future if and where this was considered necessary.

## Current and potential impacts of biotechnologies on yams

At an international meeting of scientists engaged in biotechnology of tropical crops held in Luxembourg in 1989, it was concluded that the specific targets for biotechnology in yam could be considered under three main headings. Almost ten years later the priorities remain essentially the same.

### In the short term

To improve meristem culture techniques with a view to eradicating systemic viral and bacterial infections from collected yam germplasm.

### In the medium term

To develop appropriate plant regeneration systems to facilitate the use of *in vitro* approaches to yam genetic improvement, particularly with respect to increasing virus, anthracnose and nematode resistance, supported by appropriate techniques of rapid and early *in vitro* screening.

### In the long term

To apply molecular and transgenic techniques to isolate, clone and transfer key genes, such as those encoding superior yam tuber storage proteins, viral coat proteins (cross protection) and improved starch synthesis enzymes.

The main point to add is that in the short term much can be done to improve the definitive identification of yam landraces and cultivars using molecular fingerprinting techniques based on PCR and RFLP methods. Also the development of cryopreservation techniques for yams will assist in the conservation of the many landraces and wild species which are currently under increasing threat of extinction from defor-

estation, changing socioeconomic conditions and diseases. In addition, the following could be added to encourage both financial and manpower support towards exploitation of biotechnological tools in the medium and long term for the benefit of poor subsistence farmers and even large scale export producers of yams. Apart from nematodes and virus, the fungal tuber rots and the anthracnose disease are the major scourges of yam production in the tropics. Isolated cell or protoplast systems may prove to be very useful for studying host/pathogen interactions in the case of anthracnose disease particularly. In order to define yam host/fungal pathogen interactions at the cellular level, culture filtrates and or phytotoxic compounds purified from culture filtrates of different *C. gloeosporioides* pathovars (high, medium, and low virulence) added in the media of protoplast, protoplast-derived calli, or cell suspension can be used. It would be also interesting to study the effect on yam protoplasts/cells of the pathotoxin extracted from *C. gloeosporioides* strains that have been isolated from *Hevea brasiliensis* trees. This pathotoxin has been isolated at the University of Aix-Marseille and has been kindly provided to our laboratory by Professor L.C. COMEAU and Mrs D. DRUET. This procedure can now be applied to *D. alata* clones, and to anthracnose tolerant yam species such as *D. esculenta*, *D. rotundata* and *D. trifida*. An observed differential sensitivity of protoplasts/cells to different *Colletotrichum* filtrates could help for establishing a screening test of yam anthracnose tolerant clones and also for selecting putative hybrids calli derived from somatic fusion experiments. Clearly the genetic transformation efforts will be a useful adjunct to conventional breeding of yams. The latter would be assisted greatly if yam plants could be regenerated from microspores or unfertilised ovules. Breeders would then have access to homozygous breeding materials which could shorten substantially the breeding cycles of yam. Most importantly this type of work can only realistically be carried out in tropical yam growing countries where there is plentiful (albeit seasonal) immature developing floral materials. This example underlines the importance of forging strong partnerships between researchers at both tropical and temperate centres where biotechnology is concerned so that *in vitro* tools can be developed together for the benefit of saving and developing the most handsome and dignified of all tuber crops in the world.

## References

- ABRAHAM K., NAIR S.G., SREEKUMARI M.T., UNNIKRISHNAN M., 1986. Seed set and seedling variation in Greater Yam (*Dioscorea alata* L.). *Euphytica* 35 : 337-343.



- AKORODA M.O., 1983. Variation, heritability and genetic advance of eight characters in white yam *Dioscorea rotundata*. Theoretical and Applied Genetics 66 : 51-54.
- ALHASSAN A.Y., 1991. Cultural factors affecting rapid clonal multiplication and microtuberisation in shoot culture systems of *Dioscorea alata* L. food yam. MPhil thesis, Wye College, University of London, UK, 190 p.
- ALIZADEH S., MANTELL S.H., VIANA A.M., 1998. Microtuberisation of the steroid yam *Dioscorea composita* Hemsl. Plant Cell Tissue and Organ Culture (in press).
- AMMIRATO P.V., 1984. Yams. In Handbook of Plant Cell Culture, AMMIRATO P.V., EVANS D.A., SHARP W.R. and YAMADA Y. (Eds). Macmillan, London, UK, Vol. 3, Crop Species, p. 327-354.
- BELARMINO M., DELROSARIO A.G., 1991. Callus induction and organogenesis in *Dioscorea* species. Japanese Journal of Breeding 41 : 561-569.
- BUNDERS J.F.G., BROERSE E.W., 1992. A case study: yam tissue culture in the Caribbean. In Appropriate Biotechnology in Small Scale Agriculture: How to reorientate research and development. Commonwealth Agricultural Bureaux, Wallingford, UK, p. 25-42.
- CHUNG C.T., NIEMALA S.L., MILLER R.H., 1989. One-step preparation of competent *Escherichia coli*: transformation and storage of bacterial cells in the same solution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 86 : 2171-2175.
- CONLAN R.S., GRIFFITHS L., NAPIER J.A., SHEWRY P.R., MANTELL S.H., AINSWORTH C.C., 1995. Isolation and characterisation of cDNA clones representing the genes encoding the major tuber storage protein (dioscorin) of yam (*Dioscorea cayenensis* Lam.). Plant Molecular Biology 28 : 369-380.
- COURSEY D.G., 1967. In Yams. Longmans Green and Co, London, UK.
- CRAVEN-GRIFFITHS A., 1994. An investigation into the arbuscular-mycorrhizal associations of yam (*Dioscorea* spp.) and potential for application during *post-vitro* development. M.Sc Thesis, Wye College, University of London, UK, 53 p.
- DAWSON R.F., 1991. Diosgenin production in North America. Hort Technology 1 : 22-27.
- DEGRAS L., 1989. Biotechnologies for Yam. In Plant Biotechnologies for Developing Countries, SASSON A. & COSTARINI V. (Eds). Proceedings of an International Symposium organised by CTA/FAO, 26-30 June, 1989 in Luxembourg, p. 229-233.
- DEGRAS L., 1993. The Yam : A tropical root crop. Macmillan, London, UK, 408 p.
- FAUTRET A., DUBLIN P., CHAGVARDIEFF P., 1985. Callus formation and neoformation with two edible *Dioscorea* species: *D. alata* and *D. trifida*. Proc. 7<sup>th</sup> Symp. Intl. Soc. Trop. Root Crops. INRA, Guadeloupe p. 624-632.
- FORSYTH C., VAN STADEN J., 1984. Tuberization of *Dioscorea bulbifera* stem nodes in culture. Journal of Plant Physiology 115 : 79-83.
- FOWLER M.W., 1983. Commercial applications and economic aspects of mass plant cell culture. In Plant Biotechnology. MANTELL S.H. and SMITH H. (Eds). SEB Seminar Series n° 18, Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 3-37.
- FUNES I., 1989. Mémoire des travaux de recherche réalisé pour le programme européen : Development of anthracnose disease resistant *Dioscorea* yams using cell fusion techniques. Enithp, Angers, France, 121 p.
- HAHN S.K., OSIRU D.S.O., AKORODA A.O., OTOO A., 1987. Yam production and its future prospects. Outlook on Agriculture 16 : 105-110.
- JACH G., GORNHARDT B., MUNDY J., LOGEMANN J., PINSdorf E., LEAH R., SCHELL J., MAAS C., 1995. Enhanced quantitative resistance against fungal disease by combinatorial expression of different barley antifungal proteins in transgenic tobacco. The Plant Journal 8 : 97-109.
- JAMES E.K., REIS V.M., OLIVEARES F.L., BALDANI J.I., DOBEREINER J., 1994. Infection of sugar cane by the nitrogen-fixing bacterium *Acetobacter diazotrophicus*. Journal of Experimental Botany 45 : 757-766.
- JASIK J., MANTELL S.H., 1998. Effects of jasmonic acid and its methylester on *in vitro* microtuberisation of three food yam (*Dioscorea*) species. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (in press).
- JEAN M., CAPPADOCIA M., 1991. *In vitro* tuberization in *Dioscorea alata* L. Brazo Fuerte and Florido and *D. abyssinica* Hoch. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 26 : 147-152.
- JEAN M., CAPPADOCIA M., 1992. Effects of some growth regulators on *in vitro* tuberization in *Dioscorea alata* L. Brazo fuerte and *D. abyssinica* Hoch. Plant Cell Reports 11 : 34-38.
- JEFFERSON R.A. 1987. Assaying chimeric genes in plants: the GUS fusion system. Plant Molecular Biology Reporter 5 : 387-405.
- JOHN J.L., COURTNEY W.H., DECOTEAU D.R., 1993. The influence of plant growth regulators and light on microtuber induction and formation in *Dioscorea alata* L. cultures. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 34 : 245-252.
- KANDASAMY K.I., 1996. Tissue culture studies on the interactions between the yam anthracnose pathogen and *Dioscorea alata* L. PhD thesis, Wye College, University of London, UK, 280 p.



- KODA Y., KIKUTA Y., 1993. Possible involvement of jasmonic acid in tuberization of yam plants. *Plant Cell Physiology* 32 : 629-633.
- LEE R.H., 1997. Cell-cell interactions during the induction of asexual embryogenic determination in yam (*Dioscorea* spp) leaf tissues. PhD thesis, Wye College, University of London, UK, 250 p.
- MALAUURIE B., THOUVENEL J.C., PUNGU O., 1995. Influence of meristem-tip size and location on morphological development in *Dioscorea cayenensis-rotundata* complex "Grosse Caille" and one genotype of *D. praehensilis*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 42 : 215-218.
- MANTELL S.H., 1988. Development of microtuber production systems for yams to enable direct field planting of micropropagated clone selections. Summary of final report for EEC Contract TSD-264, Summaries of the Final Reports 1983-1986, EEC/CTA Publication of First Programme in Science and Technology Programme DG XII, p. 189-191.
- MANTELL S.H., 1993. Integrated use of micropropagation and conventional propagation techniques for production of certified seed tubers of tropical yams (*Dioscorea* spp.). In *Adapted propagation techniques for commercial crops of the tropics*, NGUYEN THI QUYNH and NGUYEN VAN UYEN (Eds). International Foundation for Science, Stockholm, p. 66-93.
- MANTELL S.H., 1994. Final Summary Report of STD3 Contract "Development of anthracnose disease resistant *Dioscorea* yams using somatic fusion techniques. In *Projets de Recherche 1987-1991*. S. RISOPOULOS (Ed.). Second Programme Science and Technology, Directorate-General XII Science, Research and Development, Brussels. CTA, Amsterdam, vol. 1, p. 69-75.
- MANTELL S.H., 1997. Microbes intimately associated with tissue and cell cultures of tropical *Dioscorea* yams. In *Pathogen and Microbial Contamination Management in Micropropagation*, A.C. CASSELLS (Ed.). Kluwer Academic Publishers, p. 131-138.
- MANTELL, HAQUE S.Q., WHITEHALL A.P., 1978. Clonal multiplication of *Dioscorea alata* L. and *Dioscorea rotundata* Poir, yams by tissue culture. *Journal of Horticultural Science* 53 : 95-98.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., WHITEHALL A.P., 1979. A rapid propagation system for yam. *Yam Virus Project Bulletin (CARDI Extension Bulletin)*, n° 1, 19 p.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1979. Disease-free yams: their production, maintenance and performance. *Yam Virus Project Bulletin (CARDI Extension Bulletin)* n° 2, 29 p.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., WHITEHALL A.P., 1980. Apical Meristem tip culture for eradication of flexuous rod viruses in yams (*Dioscorea alata* L.). *Tropical Pest Management* 26 : 170-179.
- MANTELL S.H., MATTHEWS J.A., MCKEE R.A., 1985. *Principles of Plant Biotechnology: an introduction to genetic engineering in plants*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 270 p.
- MANTELL S.H., HUGO S.A., 1989. Effects of photoperiod, mineral medium strength, inorganic ammonium, sucrose and cytokinin on root, shoot and microtuber development in shoot cultures of *Dioscorea alata* L. and *D. bulbifera* L. yams. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 16 : 23-37.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., CHANDLER F.L., 1991. Cultivo de tejidos y material de propagación libre de enfermedades en el ñame. In *Cultivo de tejidos en la Agricultura*. W.M. ROCA and L.A. MROGINSKI (Eds). CIAT Publication, n° 151, p. 481-494.
- MAPES M.O., URATA U., 1970. Aseptic stem culture of a *Dioscorea* clone. In *Tropical Root and Tuber Crops Tomorrow*, Vol II. *Proceedings Second International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops*.
- MILLER I.M., REPORTER M., 1988. Bacterial leaf symbiosis in *Dioscorea sansibarensis*: morphology and ultrastructure of the acuminate leaf glands. *Plant, Cell and Environment* 10 : 413-427.
- MOURA COSTA P.H., MANTELL S.H., 1993. A preliminary evaluation of cell and tissue culture methods suitable for screening anthracnose reactions in tropical yams. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 28 : 1297- 1300.
- MURASHIGE T., SKOOG F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assay with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15 : 473-497.
- NAGASAWA A., FINER J.J., 1989. Plant regeneration from embryogenic suspension cultures of Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.). *Plant Science* 60 : 263-271.
- NARAYANASWAMY P., 1994. Development of *in vitro* plant regeneration and RAPD genetic fingerprinting of food yams (*Dioscorea alata* L.). PhD thesis, Wye College, University of London, UK, 238 p.
- NG S.Y.C., MANTELL S.H., 1997. Technologies for Germplasm Conservation and Distribution of Pathogen-free *Dioscorea* yams to National Root Crop Research Programmes. ODA Project R4886 (H) Final Report. Wye College University of London, UK, 12 p.
- NG S.Y.C., 1988. *In vitro* tuberisation in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 14 : 121-128.
- NG S.Y.C., 1992. Micropropagation of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). In *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. BAJAJ Y.P.S. (Ed.). Springer Verlag, Berlin, Vol 19, p. 135-159.
- NG S.Y.C., 1994. Production and distribution of virus-free yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). In *Proceedings of 9<sup>th</sup> Symposium International Society for Tro-*

- pical Root Crops. 20-26 October, 1991. OFORI, IF and HAHN SK (Eds). Accra, Ghana, p. 324-328.
- OKEZIE C.E.A., NWOKE F.I.O., OKONKWO S.N.C., 1983. *In vitro* culture of *Dioscorea rotundata* embryos. In Tropical Root Crops. TERRY E.R. et al. (Eds). Proceedings of Second Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Africa Branch, Douala, Cameroon, p. 121-124.
- ONWUEME I.C., 1978. The Tropical Tuber Crops: yams, cassava, sweet potato and cocoyams. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- OSIFO E.O., 1988. Somatic embryogenesis in *Dioscorea*. Journal of Plant Physiology 133 : 378-380.
- PRESTON W.H., HAUN J.R., 1962. Factors involved in vegetative propagation of *Dioscorea spiculiflora* from vines. Proceedings of the American Society of Horticultural Science 80 : 417-429.
- RAMSER J., LOPEZ-PERALTA C., WETZEL R., WEISING K.,KAHL G., 1996. Genomic variation and relationships in aerial yam (*Dioscorea bulbifera* L.) detected by random amplified polymorphic DNA. Genome 39 : 17-25.
- RAMSER J. et al., 1997. Molecular marker-based taxonomy and phylogeny of Guinea Yam (*Dioscorea rotundata*-*D. cayenensis*). Genome, 40 : 903-915.
- SALEIL V., DEGRAS L., JONARD R., 1990. Obtention de plantes indemnes du virus de la mosaïque de l'igname (YMV) par culture *in vitro* des apex chez l'igname américaine *Dioscorea trifida*. L'Agronomie 10 : 605-615.
- SAUER A., WALTHER F., 1987. In Progress in Protoplast Research, PINTE K.J. et al., (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 43-44.
- SEMBDNER G., PARTHIER B., 1993. The biochemistry and the physiological and molecular action of jasmonates. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 44 : 569-589.
- SENGUPTA J., MITRA G.C.,SHARMA A.K., 1984. Organogenesis and tuberization in cultures of *Dioscorea floribunda*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 3 : 325-331.
- SHAHER W., GORZ A., KAHL G., 1987. T-DNA integration and expression in a monocot crop after induction of *Agrobacterium*. Nature 327 : 529-532.
- SHAHIN E.A., SHEPARD J.F.,1980. Cassava mesophyll protoplasts: isolation, proliferation and shoot formation. Plant Science Letters 17 : 459-465.
- SITA L., BAMMI R.K., RANDHAWA G.S., 1976. Clonal propagation of *Dioscorea floribunda* by tissue culture. Journal of Horticultural Science 51 : 551-554.
- TERAUCHI R., TERACHI T., TSUNEWAKI K., 1989. Physical map of chloroplast DNA of aerial yam, *Dioscorea bulbifera* L. Theoretical and Applied Genetics 78 : 1-10.
- TERAUCHI R., TERACHI T., TSUNEWAKI K. 1991. Intraspecific variation of chloroplast DNA in *Dioscorea bulbifera* L. Theoretical and Applied Genetics 81 : 461-470.
- TOR M., 1991. Genetic transformation of yam (*Dioscorea*). PhD thesis, Wye College, University of London, UK, 279 p.
- TOR M., AINSWORTH C.C., MANTELL S.H., 1992. Endophytic bacteria expressing  $\beta$ -glucuronidase cause false positives in transformation of *Dioscorea* species. Plant Cell Reports 11 : 452-456.
- TOR M., AINSWORTH C.C., MANTELL S.H., 1993. Stable transformation of the food yam *Dioscorea alata* L. by particle gun bombardment. Plant Cell Reports 12 : 468-473.
- TOR M., TWYFORD C.T., FUNES I., BOCCONGIBOD J., AINSWORTH C.C., MANTELL S.H., 1998. Isolation of protoplasts from immature leaves and embryogenic cell suspensions of *Dioscorea* yams: a tool for transient expression studies. Plant Cell Tissue and Organ Culture (accepted).
- TORRES ARZAYUS M.I., 1997. Engineering resistance in *Dioscorea alata* L. yams using genetic transformation of *Nicotiana benthamiana* as a model. PhD thesis, Wye College, University of London, UK, 243 p.
- TWYFORD C.T., 1993. Studies on the regeneration of *Dioscorea alata* food yams via somatic embryogenesis. PhD thesis, Wye College, University of London, UK, 192 p.
- TWYFORD C.T., VIANA A.M., JAMES A.C., MANTELL S.H., 1990. Characterization of species and vegetative clones of *Dioscorea* food yams using isoelectric focussing of peroxidase and acid phosphatase isoenzymes. Tropical Agriculture 67 : 337-341.
- TWYFORD C.T., MANTELL S.H., 1996. Production of somatic embryos and plantlets from root cells of the Greater Yam. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 44 : 17-23.
- UDUEBO A.E., 1970. Effect of external supply of growth substances on axillary proliferation and development in *Dioscorea bulbifera*. Annals of Botany 36 : 159-163.
- VIJAYA V.K., JOS J.S., 1986. Female sterility and seed set in *Dioscorea alata* L. Tropical Agriculture (Trinidad) 63 : 7-10.
- VIANA A.M., MANTELL S.H., 1989. Callus induction and plant regeneration from excised zygotic embryos of the seed-propagated yams *Dioscorea composita* Hemsl. and *D. cayenensis* Lam. Plant Cell Tissue and Organ Culture 16 : 113- 122.

WILSON J.E., VICTOR L., 1980. Relationships between seedlings and their vegetative progenies in white yam (*Dioscorea rotundata*). INRA, International Seminar on the Yam 1981, p. 269-278.

XINHUA F., QIQUAN S., XINGCUN J. 1986. Transformation of the monocot *Dioscorea opposita* using

*Agrobacterium tumefaciens*. Genetic Manipulation Crops Newsletter 2 : 52-59.

ZOUNDJIHEKPON J., HAMON S., TIO-TOURE B., HAMON P., 1994. First controlled progenies checked by isozymic markers in cultivated *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Theoretical and Applied Genetics 88 : 1011-1016.

# Stratégies de croissance et de défense anti-herbivore des ignames sauvages : leçons pour l'agronomie

D. MC KEY, B. DIGIUSTO, L. PASCAL, M. ELIAS

Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive, Cnrs, 1919, route de Mende, Montpellier 34293 Cedex 05,  
France

E. DOUNIAS

Orstom, BP 1857, Yaoundé, Cameroun

**Résumé** — Les ignames (*Dioscorea* spp.) sont des monocotylédones, géophytes et lianescentes. Leurs stratégies de croissance et de défense anti-herbivore sont conditionnées par les caractéristiques associées à l'organisation anatomique des monocotylédones, en particulier, l'absence d'un cambium vasculaire dans les axes aériens et donc l'impossibilité d'effectuer une croissance secondaire. Les tiges des lianes doivent posséder un système vasculaire très performant. L'absence de croissance secondaire chez les ignames empêche la réparation des éléments conducteurs endommagés et ne permet pas l'addition de nouveaux éléments de phloème et de xylème pour alimenter un appareil aérien qui devrait s'accroître au travers des années. Ces facteurs limitent la durée de vie de l'appareil aérien des ignames. Chez les variétés cultivées et de nombreuses espèces sauvages, l'appareil aérien n'est maintenu qu'une seule saison. Chez d'autres espèces sauvages, il est renouvelé tous les deux ans ou plus. Les espèces d'ignames des forêts tropicales humides sont des plantes héliophiles. Une des fonctions principales du tubercule souterrain est donc d'alimenter la croissance du nouvel axe aérien jusqu'à la voûte de la forêt. Pendant cette phase de croissance à travers le sous-bois, la tige est non ramifiée et aphyllée. La protection du méristème apical durant cette phase est donc cruciale. L'attraction de fourmis agressives aux nectaires extrafloraux situés sur l'apex de la tige est un des mécanismes de protection anti-herbivore observé. Ces fourmis, par leur comportement, protègent de façon efficace les jeunes tiges contre les larves de Chrysomèles, principales consommatrices du méristème apical. Des implications de ces stratégies de croissance et de défense sont envisagées pour l'agronomie des ignames.

**Abstract** — Strategies of growth and anti-herbivore defense of wild yams: lessons for agronomy. Yams (*Dioscorea* spp.) are monocotyledonous lianescent geophytes. Their strategies of growth and anti-herbivore defense are conditioned by the constraints associated with the anatomical organisation of

monocots, in particular the lack of a vascular cambium in aerial stems and the consequent impossibility of secondary growth. Vine stems must have very efficient vascular systems, but absence of secondary growth in yams precludes repair of damaged conducting elements. Furthermore, absence of secondary growth makes it impossible for the plant to add new xylem and phloem to accommodate an aerial shoot system that would grow over many years. These factors restrict the lifetime of the aerial shoot system of yams. In cultivated varieties and in many wild species, the entire aerial apparatus lasts only a single growing season. In other wild species, the aerial apparatus is renewed after two or more years. Yams are heliophiles, and a principal function of the underground storage tuber in humid-forest yams is thus to fuel growth of the new aerial shoot to the forest canopy. During this phase of growth through the understory, the shoot is unbranched and leafless. Protection of the shoot's apical meristem during this crucial phase is at a premium. Among the mechanisms of anti-herbivore defense observed is the attraction of ants to extrafloral nectaries at the shoot apex. These ants, by their aggressive behaviour, effectively protect the young shoot apex against larvae of chrysomelid beetles that are the principal herbivores at this stage of growth. We discuss the implications of these strategies of growth and defense for the agronomy of yams.

## Introduction

Le biologiste intéressé par l'évolution qui consulte la littérature sur les ignames — une littérature surtout agronomique — voit tout de suite que des questions importantes restent sans réponses. En cherchant pourquoi ces lacunes existent, nous

sommes arrivés à la conclusion que les questions, elles-mêmes, semblent n'avoir jamais été posées !

Pourquoi les tubercules d'ignames sont-ils plus riches en azote, en sels minéraux etc., que les tubercules comestibles d'autres plantes cultivées, comme le manioc, dont le tubercule semble être une excellente source d'énergie mais reste très pauvre en éléments nutritifs autres que les glucides ?

Quelle est la fonction adaptative des tubercules souterrains des ignames ? Est-elle différente d'autres plantes à tubercules ?

Pourquoi la croissance des ignames débute-t-elle par une phase aphyllée de plus ou moins longue durée ?

Ces questions peuvent sembler académiques, et loin des préoccupations des agronomes. Néanmoins, une bonne compréhension de l'organisme et de ses interactions avec le milieu permettrait de construire une base solide à tout programme de développement sur la biologie appliquée des ignames. Malgré les processus de domestication, les ignames cultivées partagent beaucoup de traits biologiques avec les ignames sauvages. De plus, les généticiens s'intéressent aux ignames sauvages comme source de nouveau matériel pour l'amélioration génétique des variétés cultivées. Les variétés spontanées des plantes cultivées ne sont pas seulement des ressources génétiques, elles sont aussi des ressources écologiques. C'est en comprenant comment les ignames sauvages utilisent l'information génétique en s'adaptant à leur milieu, que l'on devrait utiliser ces ressources génétiques de façon rationnelle. Nous espérons que nos observations sur la biologie des ignames sauvages apporteront une lumière intéressante — et, à terme, utile — pour l'agronome.

Selon notre analyse, les ignames constituent un modèle biologique unique, grâce à la combinaison de trois traits :

- elles sont des monocotylédones ;
- elles sont pour la plupart des géophytes ;
- la plupart d'entre elles ont un port lianescent.

Un thème récurrent à notre analyse est : « Comment l'adaptation des ignames à leur milieu est modelée par ces contraintes ».

## Stratégies de croissance : particularités des monocotylédones

Les ignames sont des monocotylédones et sont, donc, soumises aux contraintes imposées par l'organisation morphologique et anatomique de ce groupe de plantes. TOMLINSON (1979, 1980) a décrit les traits majeurs de l'appareil végétatif des monocotylé-

done et leurs conséquences biologiques. Une des caractéristiques les plus importantes est l'absence d'un cambium vasculaire chez la plupart de ces plantes et, donc, l'absence d'une croissance secondaire des axes. La première conséquence de cette caractéristique morphologique se rapporte à l'ontogenèse. L'ontogenèse des monocotylédones comporte un stade précoce appelé « croissance d'établissement » qui correspond à l'élargissement graduel de l'axe primaire (TOMLINSON, 1979). En l'absence de croissance secondaire, il faut qu'au début de son élongation, la tige soit suffisamment épaisse pour se maintenir, et que le système vasculaire primaire soit suffisamment extensif pour alimenter la plante adulte. De plus, le manque de croissance secondaire rend difficile la réparation des tissus conducteurs endommagés. Enfin, l'organisation très déterminée de l'anatomie vasculaire des monocotylédones, liée à cette absence de croissance secondaire, impose des contraintes sur la ramification (TOMLINSON, 1980). Par conséquent, les monocotylédones sont particulièrement vulnérables aux prédateurs qui attaquent les méristèmes apicaux. Cela a conduit à l'élaboration de défenses contre ces prédateurs, par exemple la protection mécanique des méristèmes apicaux chez les palmiers et une diversité de défenses chimiques, surtout chez les géophytes. Une autre conséquence liée aux contraintes morphologiques imposées à la ramification est que le développement tardif des méristèmes « en réserve » — par exemple, le débouillage d'un méristème axillaire à la suite d'une attaque au méristème apical — nécessite la mise en place de nouvelles connexions vasculaires (TOMLINSON, 1980) et, certainement, un nouvel épisode de croissance d'établissement.

## Les plantes géophytes et les herbivores : les insectes phytophages s'attaquant aux ignames

Les ignames, comme les autres géophytes, possèdent des organes souterrains qui assurent la pérennité de la plante et qui stockent des réserves. Les organes de stockage souterrains sont souvent la cible d'attaques d'herbivores : nématodes, insectes et vertébrés (ANDERSEN, 1987). Les tubercules des ignames n'y échappent pas. De nombreuses espèces de vertébrés consomment les tubercules des ignames, mais il semble exister très peu d'informations précises concernant la fréquence des attaques et leurs conséquences. Quant aux insectes phytophages, parmi les principaux ravageurs des ignames, on peut citer divers coléoptères (différents genres de la famille des

*Scarabaeidae*), dont les larves, dans toutes les régions tropicales, se développent dans les tubercules (DEGRAS, 1986). Ces coléoptères sont des spécialistes des ignames. Les tubercules des ignames cultivées subissent non seulement les attaques dans les champs, mais aussi pendant leur stockage après récolte. Une fois stockés, les tubercules sont sujets aux attaques de nombreux insectes non spécialistes. Aux coléoptères s'ajoutent alors des termites, des cochenilles et des lépidoptères (DEGRAS, 1986 ; DUMONT et MARTI, 1997). L'attaque des tubercules des ignames est facilitée par leur composition chimique (et surtout leur richesse en composés azotés). Ils offrent aux insectes un régime alimentaire relativement complet. Même la bruche du café et du cacao, insecte normalement granivore, peut se reproduire dans les tubercules d'ignames stockés (DEGRAS, 1986).

La richesse alimentaire des tubercules d'igname par rapport à d'autres tubercules, comme ceux du manioc, est bien connue (DEGRAS, 1986). Pourquoi les tubercules d'igname sont-ils si riches ? Cette richesse n'est pas le simple produit de la domestication, car elle se retrouve chez les tubercules des ignames sauvages. Le contenu en protéines des tubercules des ignames sauvages varie de 4,6 à 9,4 % du poids sec, et les minéraux comptent pour 1,7 à 6,1 % du poids sec (HLADIK et DOUNIAS, 1996). Par contre, le contenu en « protéines brutes » des tubercules du manioc est de l'ordre de 1 à 3 % du poids sec, et la teneur en minéraux est environ 2 % (DEVENDRA, 1977). Nous pensons que la richesse des tubercules d'ignames est liée à leur fonction biologique. Chez les plantes avec un appareil aérien pérenne important, la fonction principale du tubercule est probablement le stockage d'énergie pour faire face à une période défavorable. Ceci peut expliquer le contenu en hydrates de carbone du tubercule du manioc. Chez les géophytes, par contre, la fonction de l'organe de stockage souterrain est de renouveler l'ensemble de l'appareil aérien, ce qui nécessite le stockage non seulement d'énergie, mais aussi d'autres éléments nutritifs nécessaires à la construction du nouvel axe aérien. Cette richesse alimentaire du tubercule en fait une cible attractive pour les pathogènes et phytophages et constitue une faille dans la stratégie écologique des géophytes.

Un autre groupe écologique d'insectes parfois signalés comme ravageurs d'igname sont les insectes qui attaquent les jeunes tiges au début de la croissance. Il s'agit le plus souvent des coléoptères de la famille des *Chrysomelidae*, sous-famille des *Criocerinae* (*Crioceris*, *Lema* : DEGRAS [1986] ; *Lilioceris* : SCHMITT [1988]). En effet, la phase de croissance constitue une autre « faille » dans le cycle d'une géophyte : étape caractérisée par la présence prolongée d'un méristème apical, riche en éléments nutritifs, vulnérable aux ennemis et primordial pour la réussite

de la plante. La protection du méristème apical pendant cette phase doit être particulièrement importante pour une liane, où la vitesse de croissance verticale est souvent cruciale, et pour une monocotylédone, où le développement tardif d'un méristème latéral, prenant le relais en cas d'accident, se heurte à des problèmes morphologiques.

## Défenses anti-herbivores des ignames sauvages

Les ignames possèdent une grande diversité de caractères qui fonctionnent dans la protection de la plante contre l'attaque par des herbivores et des pathogènes. Ces mécanismes de protection incluent des métabolites secondaires toxiques, comme les alcaloïdes et les saponines. Les types de composés secondaires présents chez les ignames sont connus pour leur rôle de défense chimique chez d'autres plantes (ROSENTHAL et BERENBAUM, 1992), mais leur rôle chez les ignames reste très peu étudié. Néanmoins, les alcaloïdes de certaines ignames ont une activité antifongique, et la toxicité de certains *Dioscorea* envers les insectes et les mammifères a été démontrée (DUMONT et MARTI, 1997). Les ignames possèdent aussi des défenses mécaniques comme les épines qui forment une couronne protégeant le tubercule de certaines espèces, ou d'autres caractères morphologiques qui rendent les tubercules difficilement accessibles, comme le plateau ligneux superficiel de certaines ignames de la forêt africaine (HLADIK *et al.*, 1984). Mais, parmi les défenses anti-herbivores, la possibilité de l'existence de défenses biotiques n'a jamais été étudiée chez les ignames. Pourtant de nombreuses espèces de *Dioscorea* possèdent des nectaires extrafloraux (CORRENS, 1888 ; ORR, 1926 ; ZIMMERMANN, 1932). Présents chez un grand nombre de plantes à fleurs, les nectaires extrafloraux sont connus pour leur attraction des fourmis qui à leur tour confèrent un certain degré de protection à la plante contre des insectes phytophages et d'autres herbivores (KOPTUR, 1992). Cette protection est variable selon l'espèce végétale et le type de fourmis, mais est souvent importante.

Les différents mécanismes de défense anti-herbivores jouent souvent des rôles complémentaires dans la protection de la plante, et un même individu peut avoir des défenses différentes à différentes étapes de son développement. Chez *D. praehensilis*, par exemple, les jeunes tubercules sont amers et donc peu appétissants. Mais au stade mature cette défense chimique est abandonnée, et le tubercule est protégé essentiellement par sa localisation en profondeur dans le sol.



## La stratégie de croissance de *D. praehensilis*, igname sauvage de la forêt africaine

Les ignames n'échappent pas à ces contraintes spécifiques aux monocotylédones. En effet, certaines conséquences générales de l'organisation morphologique de ce groupe de plantes sont même accentuées chez les ignames, monocotylédones lianescentes et géophytes. Nous allons illustrer ce point grâce à l'interprétation de la stratégie de croissance d'une espèce que nous avons étudiée sur le terrain, avant d'examiner les implications de notre analyse pour l'étude d'autres ignames sauvages et domestiquées.

*Dioscorea praehensilis* Benth., espèce répartie dans les zones forestières de l'Afrique occidentale et centrale (BURKILL, 1985), est abondante dans le sud-est du Cameroun. Le cycle annuel de *D. praehensilis* est schématisé dans la figure 1. Présente dans la forêt primaire, cette igname est néanmoins plus fréquente en forêt secondaire. Elle est particulièrement abondante dans les vieilles jachères et les sites de villages abandonnés (HLADIK et DOUNIAS, 1996). La stratégie écologique de cette espèce comporte plusieurs éléments cruciaux. Tout d'abord, la plante est héliophile. En forêt, les plantules s'établissent essentiellement dans des chablis. Comme pour le genre *Dioscorea* en

général, les graines sont de taille relativement petite, contenant peu de réserves. Dans l'ombre du sous-bois, la croissance des plantules est très faible et leur mortalité très élevée (ELIAS, 1996 ; et données non publiées). Deuxièmement, la plante est pérenne et longévive : elle persiste lors de la fermeture du chablis. On trouve des plantes adultes dans des situations où la canopée est relativement haute, jusqu'à 30 m environ ou même plus (DIGIUSTO, 1996 ; DIGIUSTO et al., soumis). Troisièmement, cette plante est une géophyte, un type de plante excessivement peu représenté dans les forêts tropicales humides (RICHARDS, 1952). L'ensemble de l'appareil aérien meurt à la fin de chaque saison de végétation, et la pérennité est assurée par des bourgeons partant des organes souterrains.

La courte durée de vie de l'appareil aérien nous semble être le caractère clef pour comprendre les particularités de cette espèce. Une des questions principales concernant la biologie de l'igname est, pourquoi l'ensemble des tiges aériennes de l'igname meurt-il après une seule saison de pluies ? Les ignames sont probablement les seules lianes de la forêt tropicale qui se comportent de cette façon. Nous pensons que l'explication se trouve dans deux caractéristiques des ignames. Tout d'abord, la plante est une liane. Une liane a besoin de tiges qui conduisent de façon très efficace l'eau et les sels minéraux. Deuxièmement, la plante est une monocotylédone, dont les axes sont incapables d'effectuer une croissance secondaire. Par conséquent, si les tissus vasculaires d'une tige sont endommagés, il n'existe pas de moyen de réparer ces dégâts. De plus, lorsque la croissance primaire est terminée, la tige n'a plus la possibilité d'ajouter du xylème et du phloème pour augmenter la surface foliaire avec le temps. Ces contraintes condamnent l'appareil aérien des ignames à un remplacement annuel (c'est le cas chez *D. praehensilis*, comme chez les ignames cultivées), ou dans d'autres cas (HLADIK et al., 1984), bisannuel.

Mais pour une igname de la forêt tropicale humide, ce renouvellement annuel pose un problème. Pendant la saison sèche, la plante est limitée à ces structures souterraines. Quand la croissance redémarre, quelques semaines avant la saison des pluies, la production de feuilles, de fleurs et de fruits, nécessite l'atteinte de la canopée, qui peut se trouver jusqu'à 30 m plus haut. Les autres plantes héliophiles qui commencent leur vie dans un chablis, mais persistent lors de sa fermeture, ne sont pas confrontées à ce dilemme ; chez ces plantes, l'appareil aérien grandit au même rythme que le chablis se referme (figure 2a). Cette stratégie est exclue pour les ignames, dont l'ensemble de l'appareil aérien meurt au début de chaque saison sèche. Les ignames résolvent le problème par une autre stratégie (figure 2b). Les

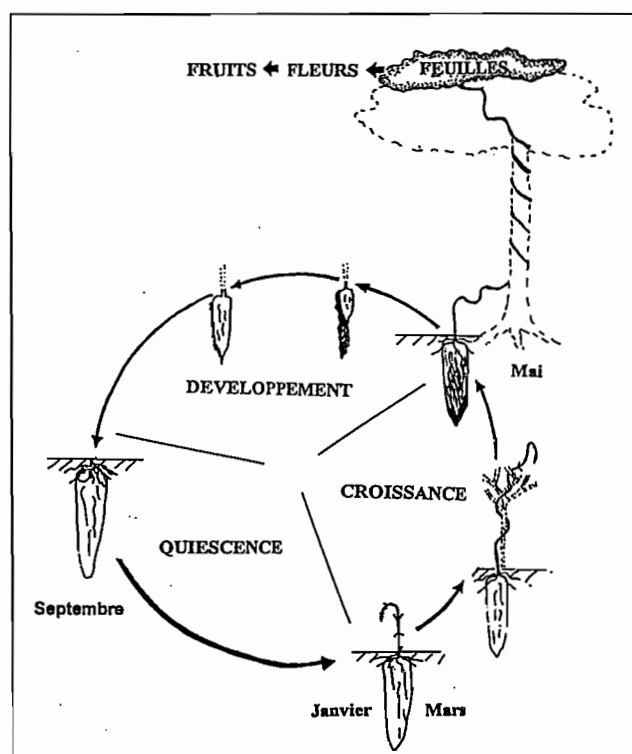


Figure 1. Le cycle annuel de renouvellement et de croissance de l'appareil photosynthétique et du tubercule charnu de *D. praehensilis* dans le sud-est du Cameroun.



## Comment est-ce que les arbres et les lianes héliophiles se maintiennent dans un chablis qui se referme?

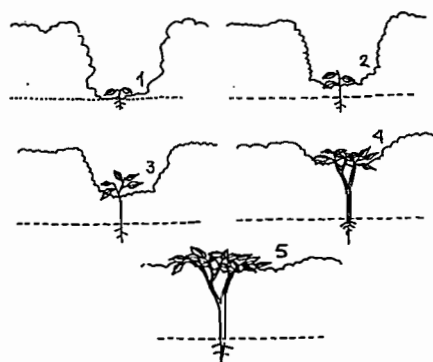


Figure 2(a). Schéma indiquant comment la plupart des arbres et des lianes héliophiles se maintiennent dans un chablis qui se referme.

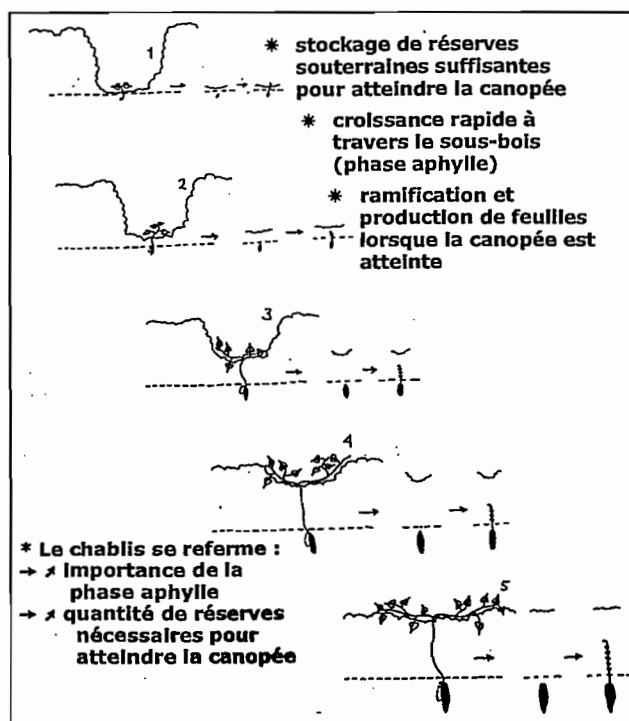


Figure 2(b). Hypothèse expliquant comment un pied de *D. praehensilis* se maintient dans un chablis qui se referme.

plantules, qui s'établissent dans un chablis, commencent à stocker des réserves souterraines. Quand la tige aérienne meurt, la plante a ainsi stocké assez de réserves pour atteindre la voûte du chablis au début de la prochaine saison des pluies. Chaque année, la canopée se trouvant de plus en plus haut, il faudra de plus en plus de réserves stockées pour l'atteindre. Selon notre interprétation de la stratégie de croissance de *D. praehensilis*, une fonction importante du tubercule serait donc de permettre le passage, chaque année du cycle de vie, du sol jusqu'à la canopée.

Chaque année, la croissance commence donc par une phase hétérotrophe, où la tige, alimentée par les réserves souterraines, pousse rapidement à travers le sous-bois ombragé. Pendant cette phase, la tige ne porte ni feuilles ni ramifications, mais uniquement des cataphylles (feuilles réduites en écailles) opposées. A l'aisselle de chaque cataphylle se trouve un méristème latéral, mais celui-ci ne se développe qu'en cas de perte du méristème apical. La production de feuilles photosynthétiques et de ramifications commence seulement lorsque la tige a atteint de bonnes conditions de luminosité. Au fur et à mesure que le chablis se referme, la phase aphyllé hétérotrophe est de plus en plus longue, et la quantité de réserves nécessaires pour atteindre la canopée devient de plus en plus importante.

La fonction de la phase aphyllé est de traverser le sous-bois aussi vite que possible, car la durée de la période photosynthétique annuelle dépend de la vitesse avec laquelle la plante arrive à la canopée et devient autotrophe. De plus, ce stade aphyllé doit être raccourci au minimum car c'est un stade vulnérable. L'absence de feuilles et de ramifications pendant cette phase permet à la tige de tout investir dans l'élongation de l'axe aérien. Cependant, durant toute cette période, la plante organise toute sa stratégie de croissance sur le méristème apical de cette unique tige. Un accident nécessiterait le débouillage d'un méristème axillaire, événement qui pose des problèmes particuliers chez les monocotylédones (TOMLINSON, 1980). De plus, le méristème axillaire étant beaucoup plus petit que le méristème apical détruit, son débouillage implique aussi un nouvel épisode de croissance d'établissement avant que le méristème axillaire ne puisse prendre le relais dans la croissance verticale. Chaque attaque subie par le méristème apical provoquerait ainsi un retard dans la mise en place de l'appareil photosynthétique. Il est concevable qu'une attaque d'herbivores sur le méristème apical pendant cette phase imposerait un « coût » à la plante, en terme de réduction de photosynthèse, tout à fait disproportionné par rapport à la quantité de tissu détruit par l'herbivore. Si ces hypothèses se vérifiaient, la plante serait soumise à une forte pression de sélection pour protéger, pendant cette phase cruciale, son méristème apical contre l'attaque des herbivores.

## Stratégie de défense de *D. praehensilis* pendant la phase aphyllé

Quels sont les mécanismes qui peuvent assurer une telle protection ? La protection mécanique du méristème apical par des organes lignifiés, comme

observée par exemple chez les palmiers (TOMLINSON, 1980), est exclue ici à cause de l'élongation rapide de la tige. La défense chimique est une autre possibilité de protection. Comme d'autres monocotylédones géophytes, les *Dioscorea* contiennent des composés toxiques qui peuvent jouer ce rôle. A notre connaissance, il n'existe pas d'études des métabolites secondaires présents chez *D. praehensilis*, ni de leur localisation dans les différents organes de la plante, ni de leur rôle dans la défense anti-herbivore. Une telle étude reste une voie de recherche prometteuse. Cependant, la présence de composés toxiques ne constitue pas une défense absolue contre des herbivores adaptés.

Chez *D. praehensilis*, nous avons identifié un caractère qui semble être impliqué dans un mécanisme de protection de tout autre type, et qui joue un rôle particulièrement important durant la phase aphyllle de croissance verticale rapide. Pendant toute cette phase, la tige porte des cataphylles, et les 4 paires de cataphylles les plus proches de l'apex produisent du nectar extrafloral en quantité abondante. Ce nectar, riche en sucres et contenant aussi des acides aminés, attire des fourmis en grand nombre sur toute la région du méristème apical. Nos études expérimentales sur le terrain (DIGIUSTO, 1996 ; DIGIUSTO *et al.*, soumis) ont montré que la présence des fourmis diminue le taux d'attaque des tiges pendant ce stade aphyllle par le principal insecte phytophage présent dans le site, la chrysomèle *Lilioceris latipennis*, espèce apparemment inféodée aux ignames.

## Implications de cette stratégie de croissance et de défense

Selon notre interprétation, le tubercule souterrain et la phase aphyllle des ignames assurent le passage à travers un sous-bois hostile, et la mise en place, aussi rapide que possible, de l'appareil photosynthétique. Cette idée expliquerait pourquoi la valeur nutritive du tubercule de l'igname est supérieure à celle des tubercules de beaucoup d'autres plantes. La fonction biologique du tubercule d'igname nécessite le stockage non seulement d'énergie mais aussi de matières premières comme l'azote et les sels minéraux.

Si notre interprétation de la stratégie de croissance des ignames est juste, certains caractères devraient varier de façon prévisible entre espèces, selon le type du milieu auquel l'espèce est adaptée. La hauteur de la canopée dans le type de forêt occupée par l'espèce, par exemple, devrait avoir une influence majeure. *D. praehensilis* se trouve surtout dans des forêts secondarisées avec une canopée relativement

basse. Comment ce type de croissance fonctionnerait-il dans des forêts plus âgées, avec une canopée plus élevée ? Plus la canopée se trouve en hauteur, plus la quantité de réserves nécessaires pour l'atteindre est grande et plus le temps nécessaire pour effectuer le passage du sol à la canopée est long. Quand ce passage devient trop long, il ne pourrait donc pas être effectué chaque année. Il est intéressant de noter que l'espèce d'igname sauvage la plus typique de la forêt primaire du sud-est Cameroun, *D. mangelotiana*, est caractérisée par un tubercule énorme, une tige épaisse qui peut monter jusque dans les cimes des arbres les plus élevés, et un cycle bisannuel de renouvellement des tubercules charnus et de l'appareil aérien (HLADIK *et al.*, 1984 ; HLADIK et DOUNIAS, 1996).

## Conclusion : questions pour l'agronome

### La croissance des ignames et l'amélioration génétique

Si nos hypothèses sur les fonctions du tubercule et de la phase aphyllle chez les ignames de forêt se vérifient, elles pourraient contribuer à une meilleure compréhension de l'écologie des ignames sauvages qui figurent dans les programmes d'amélioration génétique des variétés cultivées, et à une meilleure utilisation de ces ressources génétiques. Les concepts avancés ici peuvent aussi aider à une meilleure compréhension de certains aspects du comportement des variétés cultivées elles-mêmes.

### Intensification des cultures et problèmes de ravageurs

Comme pour les autres parasites, les attaques d'insectes risquent de devenir plus fréquentes avec l'intensification des cultures. Par exemple, les ignames à tubercules non toxiques de la forêt africaine semblent être protégées en grande partie par leur rareté : dans ces peuplements végétaux très diversifiés, ces tubercules comestibles sont difficiles à trouver pour les herbivores. Concentrées dans des champs, avec une culture de plus en plus intensive, les ignames deviendront-elles une cible de plus en plus attirante pour leurs ennemis ? Ce risque semblerait augmenté si le temps de jachère est réduit, voire éliminé, et si l'érosion de la diversité génétique facilite l'adaptation des ravageurs. Il serait prudent d'anticiper ces problèmes et d'étudier de plus près les ignames et leurs insectes phytophages.

## Les métabolites secondaires des ignames et la sélection artificielle

Il semble que l'on ne connaisse rien sur la réponse des métabolites secondaires des ignames à la sélection artificielle lors de la domestication. Lors de la domestication de certaines ignames, une sélection humaine consciente a éliminé les substances toxiques des tubercules des ancêtres sauvages (DEGRAS, 1986). Cependant la domestication des plantes comestibles a souvent eu un effet sur les substances toxiques des organes non consommés par l'Homme. Dans un milieu où la plante est plus ou moins protégée des herbivores, et où la sélection favorise une productivité augmentée, les plantes qui investissent peu dans la défense chimique peuvent être favorisées (FEENY, 1976). La sélection humaine inconsciente a-t-elle eu un effet sur les teneurs en composés secondaires dans les parties des ignames domestiquées autres que les tubercules ? Dans le cas échéant, quelles peuvent être les conséquences pour l'interaction des ignames avec leurs ravageurs dans un contexte de culture intensifiée ?

Les nectaires extrafloraux et les ignames : Comme nous l'avons vu, les nectaires extrafloraux sont très largement répandus dans le genre *Dioscorea*. Cependant les études publiées sur les nectaires extrafloraux des ignames sont dans l'ensemble vieilles, fragmentaires, et descriptives. Comme c'est le cas pour les autres caractères liés à la défense anti-herbivore des ignames, un grand travail d'écologie reste à faire. La protection par les fourmis joue-t-elle un rôle important chez d'autres espèces d'igname ? Au moins certaines espèces d'igname domestiquées secrètent du nectar extrafloral. L'attraction des fourmis constitue-t-elle un potentiel pour la mise au point d'une stratégie de contrôle biologique des ravageurs ?

Le revers de la médaille « fourmis » est que les fourmis attirées au nectar peuvent aussi protéger des cochenilles productrices du miellat, dont les fourmis sont friandes. La possibilité d'interactions plantes-fourmis-cochenilles, interactions qui peuvent être néfastes à la plante, n'est pas à exclure.

Finalement, les nectaires foliaires de certaines ignames hébergent souvent des accumulations importantes de bactéries (MILLER, 1990). La nature de l'interaction entre la plante et ces bactéries est très mal étudiée, mais semble être au moins, dans certains cas, bénéfique pour la plante (MILLER et REPORTER, 1987). Ces interactions, et le rôle potentiel des fourmis dans la dispersion des bactéries (possibilité proposée par S. MANTELL, comm. pers.), constituent des axes prometteurs de recherche (MILLER, 1990).

## Remerciements

Nous remercions le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique de la République du Cameroun pour la permission de conduire ces recherches. Notre recherche a été financée en partie par la Fondation Leakey (California, Etats-Unis) qui a attribué un *Foraging Peoples Fellowship* à E. DOUNIAS. Nous remercions aussi Martine HOSSAERT-MCKEY et Marie-Charlotte ANSTETT pour leurs commentaires sur le manuscrit.

## Références bibliographiques

- ANDERSEN D.C., 1987. Below ground herbivory in natural communities: a review emphasizing fossorial animals. *Quarterly Review of Biology* 62 (3) : 261-286.
- BURKILL H.M., 1985. The useful plants of west tropical Africa. Vol. 1. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 960 p.
- CORRENS C., 1888. Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der extranuptialen Nektarien von *Dioscorea*. *Sitzungsberichte der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, mathematisch-naturwissenschaftl Klasse* 97 1 (3).
- DEGRAS L., 1986. L'igname. Paris, France. Maisonneuve et Larose, 408 p.
- DEVENDRA C., 1977. Cassava as a feed source for ruminants. In Cassava as animal feed. NESTEL B., GRAHAM M., (Eds). International Development Research Centre, Ottawa, Canada, p. 107-119.
- DIGIUSTO B., 1996. L'igname et les fourmis : effets de la défense biotique et de l'herbivorie sur la croissance d'une liane tropicale à tubercule souterrain, *Dioscorea praehensilis*. DEA de biologie de l'évolution et écologie. Université Montpellier II-Ensam, Montpellier, France, 28 p.
- DIGIUSTO B., PASCAL L.M.C., MCKEY D.B., DOUNIAS E., 1997. Extrafloral nectaries: ecological and potential physiological roles during the exploratory growth phase of *Dioscorea praehensilis* (Dioscoreaceae) (soumis).
- DUMONT R., MARTI A., 1997. Panorama sur l'igname. Ressource millénaire et culture d'avenir. Cirad-ca, Montpellier, France, 187 p.
- ELIAS M., 1996. Importance des conditions lumineuses pour la germination et la croissance de plantules de l'igname sauvage *Dioscorea praehensilis*. Stage complémentaire de Dea de biologie de l'évolution et écologie, université Montpellier II-Ensam, Montpellier, France.
- FEENY P., 1976. Plant apparency and chemical defense. In Biochemical interaction between plants and insects. WALLACE J.W. et MANSELL R.L., (Eds). Plenum Press, New York, USA, p. 1-40.

- HLADIK A., BAHUCHET S., DUCATILLION C., HLADIK C.M., 1984. Les plantes à tubercules de la forêt d'Afrique centrale. *Revue d'écologie la terre et la vie* 39 : 249-290.
- HLADIK A. et DOUNIAS E., 1996. Les ignames spontanées des forêts denses africaines, plantes à tubercules comestibles. *In* L'Alimentation en forêt tropicale. Interactions bioculturelles et perspectives de développement. HLADIK C.M., HLADIK A., PAGEZY H., LINARES O.F., KOPPERT G.J.A. et FROMENT A., (Eds) Unesco-Mab, Paris, France. p. 275-294.
- KOPTUR S., 1992. Extrafloral nectary mediated interactions between insects and plants. *In* Insect-plant interactions. Vol. IV. BERNAYS E., (Ed.). CRC Press, Boca Raton, USA, p. 81-129.
- MILLER I.M., 1990. Bacterial leaf nodule symbiosis. *In* Advances in botanical research Vol. 17. Academic Press, New York, USA, p. 163-234.
- MILLER I.M., REPORTER, M. 1987. Bacterial leaf symbiosis in *Dioscorea sansibarensis* : morphology and ultrastructure of the acuminate leaf glands. *Plant, Cell and Environment* 10 : 413-424.
- ORR M.Y., 1926. On the secretory organs of the Dioscoreaceae. Notes from the Royal Botanic Garden, Edinburgh, UK, 73 : 133-147.
- RICHARDS P.W., 1952. The tropical rain forest. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 450 p.
- ROSENTHAL G.A., BERENBAUM M.R., 1992. Herbivores : their interactions with secondary plant metabolites. 2 Vols. Academic Press, San Diego, USA.
- SCHMITT M., 1988. The *Criocerinae* : biology, phylogeny and evolution. *In* Biology of *Chrysomelidae*. JOLIVET P., PETITPIERRE E., HSIAO T.H., (Eds.). Kluwer Academic Publishers, p. 475-495.
- TOMLINSON P.B., 1979. Juvénilité et néoténie chez les monocotylédones. Bulletin de la Société botanique de France. Actualités botaniques 3 : 227-32.
- TOMLINSON P.B., 1980. Monocotyledonous habit in relation to morphology and anatomy. *In* Petaloid monocotyledons : horticultural and botanical research. Linnean Society Symposium Series n° 8. BRICKELL C., CUTLER D.F., et GREGORY M., (Eds). Academic Press, New York, USA, p. 7-20.
- ZIMMERMANN J. G., 1932. Über die extrafloralen Nektarien der Angiospermen. Beihefte zum botanischen Centralblatt 49 : 99-196.

# R

## Reproduction sexuée de *Dioscorea alata* L. : avancées et interrogations

F. PIERRE-GAMIETTE

Inra, Urvy, Guadeloupe

**Résumé** — Il y a moins de dix ans, la reproduction par voie sexuée de *D. alata* était considérée comme quasi impossible. Jusqu'à présent, peu d'équipes travaillent sur ce sujet. Cette synthèse concernant l'aptitude à la reproduction sexuée de *D. alata* se base essentiellement sur des travaux menés dans l'Etat du Kerala, en Inde, et sur des observations faites au centre Inra de Guadeloupe (Antilles françaises). Une meilleure connaissance de la biologie florale de l'espèce a conduit à la pratique de pollinisations manuelles et à l'obtention de plantules issues de graines. Toutefois, de nombreux points d'interrogation demeurent : quelles sont les causes d'une floraison déficiente ou erratique observée sur plus de la moitié des clones en collection ? Comment expliquer la stérilité de certains clones florifères ? Dans certaines situations, la présence d'un vecteur pollinisateur a été mise en évidence ; quelle est sa nature ? La réponse à ces questions permettra une meilleure utilisation de la reproduction sexuée dans un programme de création variétale.

**Abstract** — Sexual reproduction of *D. alata* L.: advances and interrogations. Less than ten years ago, sexual reproduction of *D. alata* was considered quite impossible. As yet, teams working on this subject are few, and this synthesis which deals with the ability of *D. alata* to reproduce sexually, involves mainly results of researchers from the University of Kerala in India, and observations we made at the research center of INRA Guadeloupe (French West Indies). A better knowledge of the floral biology of the species allowed manual pollination and production of viable seeds and seedlings. But a lot of questions remain unanswered: why is the flowering of more than 50% of accessions unknown or erratic? How could the sterility of some of the flowering clones be explained? In some cases, the existence of a pollination vector has been shown; what is the nature of this vector? The answers to these questions are necessary for a breeding program using sexual reproduction.

### Introduction

*Dioscorea alata* est, dans le monde, du point de vue économique, l'une des espèces d'igname les plus

importantes. L'aptitude à la mécanisation de sa culture, la bonne conservation de ses tubercules (MARTIN, 1977), l'ont fait progressivement passer des systèmes agricoles de subsistance à des systèmes marchands. Cette évolution a entraîné de nouvelles contraintes liées essentiellement à l'intensification de la culture : sensibilité à des nouvelles races de parasites, homogénéité et régularité de la production... Pour répondre à cette nouvelle demande, la création variétale s'impose. La reproduction sexuée est encore l'outil le plus usité en amélioration des plantes.

Cette synthèse se propose de faire le point sur l'avancée des connaissances relatives à la biologie florale de *D. alata*, connaissances indispensables à la mise en place d'un projet de création variétale. On passera donc en revue les principales caractéristiques de la reproduction sexuée de cette espèce et, à partir de ces informations, des orientations de recherches seront proposées pour permettre de mieux maîtriser cet outil de création de variabilité.

### Les principales caractéristiques de la floraison de *D. alata*

Comme beaucoup d'ignames, *D. alata* est une espèce dioïque.

### Morphologie florale

L'inflorescence femelle est composée d'épis d'environ 15 à 25 cm insérés aux aisselles foliaires des ramifications terminales. Chaque épi porte 10 à 20 fleurs en disposition alterne spiralée. Au-dessus

d'un ovaire infère trigone, contenant 6 ovules anatropes, le périgone est composé des 2 cycles de 3 pétales.

L'inflorescence mâle est composée d'un groupe de 4 à 6 épis de 3 à 7 cm, insérés également aux aisselles foliaires des ramifications terminales. Chaque épi comporte une dizaine de fleurs densément insérées, d'environ 1 à 2 mm de diamètre possédant 6 pétales et 6 étamines (DEGRAS, 1986 ; ABRAHAM et GOPINATHAN NAIR, 1990).

SMITH (1937) propose pour *D. alata* un déterminisme chromosomique du sexe de type XO. Des garnitures chromosomiques aneuploïdes ou complètes détermineraient le sexe des différents clones.

## Biologie florale

La floraison de *D. alata* est souvent décrite comme déficiente. PRAIN et BURKILL (1939) signalent la rareté des floraisons femelles. Dans différentes collections, le taux de clones florifères varie de 40 à 60 %, la floraison de certains clones est qualifiée d'erratique : un clone florifère peut rester de nombreuses années sans fleurir, la floraison peut être peu abondante, moins d'une dizaine de fleurs (ABRAHAM *et al.*, 1986 ; VELAYUDHAN *et al.*, 1989). Faute d'expérimentations conduites sur la mise à fleur de cette espèce, on rapportera ici quelques observations permettant de mieux appréhender la floraison.

La période de floraison s'étale sur deux mois suivant les génotypes ; elle s'observe de mi-septembre à fin novembre dans le Kerala en Inde (8° nord - 76° est) (ABRAHAM *et al.*, 1987), de mi-novembre à mi-janvier en Guadeloupe (16° nord - 61° ouest).

La régularité et l'abondance de la floraison sont sensiblement améliorées par l'augmentation du poids du plant, la hauteur du tuteur (PIERRE-GAMINETTE, non publié). ABRAHAM et GOPINATHAN NAIR (1990), décrivent l'ouverture des fleurs.

L'anthèse des fleurs mâles commence dès 11 h, elle est nettement perceptible à 13 h. Les anthères alors déhiscentes sont de couleur jaune. Les fleurs mâles se referment aux environs de 16 h, et peuvent s'ouvrir à nouveau le lendemain ; les anthères sont alors brunes. Les fleurs femelles finissent leur anthèse aux environs de 13 h. Elles ne se referment plus par la suite. Les stigmates commencent à brunir au bout de 7 jours. La durée estimée de réceptivité des stigmates varie suivant les auteurs de 4 à 7 jours. L'ouverture des fleurs mâles ou femelles est globalement acropète ; 2 à 3 fleurs s'ouvrent par jour. La synchronisation des floraisons n'est pas toujours assurée. VIJAYA BAI et JOS (1986) observent une protandrie des clones florifères ; en plantant le clone mâle un

mois après le clone femelle, ils assurent la synchronisation des floraisons. Dans notre collection nous n'observons pas une précocité significative des floraisons mâles ; des plantations échelonnées n'ont pas modifié la date d'anthèse des clones mâles.

A l'exception d'un clone femelle particulièrement tardif, il existe toujours en Guadeloupe, au moins une courte période (2 à 3 jours) de recouvrement des floraisons (PIERRE-GAMINETTE, non publié).

## La maîtrise de la pollinisation

VIJAYA BAI et JOS (1986) signalent la rareté des pollinisations naturelles (0,2 à 3 %), en revanche, dans les conditions de la Guadeloupe, les pollinisations naturelles sont importantes (50 à 60 %) même pour des plantes espacées de plus de 10 m. L'agent responsable du transport du pollen n'a pas été encore identifié. Par pollinisation manuelle, ABRAHAM et GOPINATHAN NAIR (1991) obtiennent des taux de nouaison, de 51,4 % et de 74,2 % suivant l'outil (pinceau ou crayon). Chaque ovaire comportant 6 ovules, le taux de graines normales obtenu par rapport au nombre d'ovules totaux (6 x nombre de fleurs nouées) peut être évalué pour un croisement réussi à 47,5 %.

Une méthode de pollinisation contrôlée a été testée ; le taux de nouaison des fleurs ensachées et pollinisées varie suivant les croisements de 54 à 74 %, celui des fleurs ensachées non pollinisées varie de 0 à 8 % (PIERRE-GAMINETTE, non publié).

## Caractéristiques des clones fertiles

ABRAHAM et GOPINATHAN NAIR (1991) comptent dans leurs ressources génétiques florifères, 2 femelles tétraploïdes, 27 haploïdes, et 1 octoploïde. Tous leurs clones mâles sont tétraploïdes. Après avoir effectué des pollinisations manuelles, ils concluent à la fertilité des femelles tétraploïdes et à la stérilité des autres femelles.

Nos observations ne confirment pas cette hypothèse. Les clones tétraploïdes de notre collection sont fertiles, les femelles hexaploïdes sont quasiment stériles (moins de 2%) de graines viables, en revanche, les mâles octoploïdes présentent plus de 88 % de pollen viable (PIERRE-GAMINETTE, non publié). On ne peut donc pas établir un lien entre un haut degré de ploïdie et la stérilité des clones.



## La reproduction sexuée et les origines de l'espèce

Les origines de l'espèce *Dioscorea alata* restent hypothétiques. Selon SAMPSON (1936) elle proviendrait du Sud-Est asiatique, MARTIN (1977) suggère plutôt la Papouasie Nouvelle-Guinée. Il n'y a pas été retrouvé de formes « sauvages » de *D. alata*.

PRAIN et BURKILL (1939) l'ont supposée apparentée à diverses espèces, *D. brevipetiolata*, *D. hainanensis*, *D. kratica*, *D. gibbiflora*, *D. myriantha*, *D. depauperata*, mais surtout à *D. persimilis* et *D. hamiltonii*.

*D. alata* est une espèce polyploïde. Les degrés de ploïdie les plus fréquemment rencontrés sont 4x, 6x, 8x. (ESSAD, 1984 ; MARTIN et ORTIZ, 1963 ; RAMACHANDRAN, 1968 ; ABRAHAM and NAIR, 1991 ; PIERRE-GAMETTE non publié). Seul SHARMA signale les niveaux 3x, 5x, et 7x (SHARMA and DE, 1956 ; SHARMA and SHARMA, 1957). Aucun clone diploïde n'a été signalé. Les auteurs s'accordent à attribuer à l'espèce le nombre de base 10. Toutefois, lors d'étude de méiose RAMACHANDRAN (1968) observe 20 bivalents.

Ces incertitudes sur la structure génomique de l'espèce ne facilite pas la compréhension des phénomènes particuliers liés à la reproduction sexuée de *D. alata*.

## Perspectives d'études

*D. alata* est une espèce très polymorphe. Afin de rendre accessible à la recombinaison par voie sexuée la plus grande part de cette variabilité, il importe d'entamer différents types d'études.

S'assurer de l'origine géographique de *D. alata*, vérifier sa filiation avec les espèces sauvages citées par PRAIN et BURKILL (1939), permettraient à terme de mieux appréhender les déficiences de floraison, de reproduction sexuée et de disposer d'une variabilité encore plus étendue.

Il est important de déterminer la cause de la quasi-stérilité des femelles hexaploïdes. En effet, l'objectif majeur d'un programme d'amélioration variétale pour *D. alata* est l'introduction dans des clones d'intérêt agronomique et commercial, de la résistance à l'anthracnose. Les femelles hexaploïdes stériles constituent une excellente source de forte tolérance à *Colletotrichum gloeosporioides* agent causal de la maladie.

La maîtrise des facteurs qui assurent la régularité et l'abondance de la floraison permettrait d'intégrer de nouveaux clones dans les schémas de création variétale. Dans les collections, plus de 50 % des clones

sont considérés non florifères. D'autres ont des floraisons erratiques. Les clones non florifères le sont-ils pour des raisons génétiques, pour des raisons écologiques ou de mode de culture ? Les premières observations relatives au déclenchement de la floraison ont ouvert certaines pistes mais il reste à préciser le rôle de la photopériode et d'autres facteurs exogènes et endogènes.

La conservation à moyen terme (15-30 jours) du pollen permettrait la pollinisation de femelles particulièrement tardives.

Le déterminisme de certains caractères, dont celui du sexe, peut être abordé grâce à l'étude de croisements obtenus par pollinisation contrôlée.

L'élaboration d'un marqueur précoce (stade plantule) de la sexualité des descendants permettrait de gagner un à deux ans dans le cadre d'un programme de sélection. C'est actuellement le temps minimum nécessaire pour apprécier l'aptitude à la floraison d'un clone. Un clone non florifère, ne correspondant pas aux idéotypes définis, peut être éliminé tout de suite. C'est un élément de tri important puisque le taux de clones non florifères observé dans les collections est au moins de 50 %.

La détermination et le contrôle éventuel des agents responsables de la dispersion du pollen assureraient un meilleur confort lors des pollinisations contrôlées, ce, notamment en Guadeloupe, où les pollinisations naturelles sont importantes.

Une estimation plus objective et précise de la durée de réceptivité du stigmate aiderait à apprécier la faisabilité d'un croisement dans le cas de période courte de recouvrement des floraisons.

## Références bibliographiques

- ABRAHAM K., NAIR S.G., SREEKUMARY M.T., UNNIKRISHNAN M., BABU L., PALANISWAMI M.S., 1987. Genetic resources of greater yam. Central Tuber Crop Research Institute, Kerala, India, Technical bulletin Series 9.
- ABRAHAM K., GOPINATHAN NAIR P., 1990. Floral biology and artificial pollination in *Dioscorea alata* L. Euphytica 48 (1) : 45-51.
- ABRAHAM K., GOPINATHAN NAIR P., 1991. Polyploidy and sterility in relation to sex in *Dioscorea alata* L. (*Dioscoreaceae*). Genetica. 83 (2) : 93-97.
- DEGRAS L., 1986. L'igname. Paris, France, Maisonneuve et Larose, 408 p.
- ESSAD S., 1957. La polyploïdie et ses aspects évolutifs en relation avec l'amélioration des plantes. Annales Amélioration des Plantes 2 : 199-226.



- ESSAD S., 1984. Variation géographique des nombres chromosomiques de base et polyploïdie dans le genre *Dioscorea* à propos du dénombrement des espèces *transversa* Brown, *pilosiuscula* Bert. et *trifida* L. Agromonie 4 (7) : 611-617.
- MARTIN F.W., ORTIZ S., 1963. Chromosome numbers and behavior in some species of *Dioscorea*. Cytologia 28 : 96-101.
- MARTIN F.W., 1977. Selected yam varieties for the tropics. Proceeding of the fourth symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Cali, Columbia, 1-7 August 1976. Ottawa, IDRC, p. 44-49.
- PRAIN D., BURKILL I.H., 1939. An account of the genus *Dioscorea*. part III: Species which turn to the right. Ann. Rev. Bot. Garden. Calcutta, 14 (2) : 211-528.
- RAMACHANDRAN K., 1968. Cytological studies in *Dioscoreaceae*. Cytologia 33.
- SHARMA A.K., DE D.N., 1956. Polyploidy in *Dioscorea*. Genetica 28 : 112- 120.
- SHARMA A., SHARMA, 1957. Investigations leading to a new theory of differentiation in plant cells. Genet. Iber. 9 : 143-162.
- SMITH B.W., 1937. Notes on cytology and distribution of the *Dioscoreaceae*. Torrey Bot. Club Bull. 64 (4) : 189-197.
- VIJAYA BAI K., JOS J.S., 1986. Female fertility and seed set in *Dioscorea alata* L. Tropical. Agriculture (Trinidad) 63 (1).

# Les nématodes de l'igname

P. QUENEHERVE

Laboratoire de nématologie, Orstom, BP 8006, 97259 Fort de France, Martinique, Cedex

**Résumé** — Parmi les espèces de nématodes phytoparasites associées à la culture de l'igname (*Dioscorea* spp.) trois sont véritablement dommageables : ce sont *Scutellonema bradys* et *Pratylenchus coffeae*, deux endoparasites migrants, et *Meloidogyne incognita*, un endoparasite sédentaire. Outre les dégâts aux champs, difficiles à évaluer, ces nématodes occasionnent, principalement, d'importantes pertes au cours de la conservation : perte de poids (liée à la présence de *Scutellonema* et *Pratylenchus*), diminution de la qualité et de la valeur commerciale du produit, baisse du pouvoir germinatif. On estime ainsi entre 30 et 40 % les pertes de récolte sur igname à travers le monde, directement ou indirectement imputables à ces nématodes. L'aggravation des problèmes phytosanitaires sur igname en corrélation avec la modernisation des pratiques agricoles (Afrique, Brésil, Caraïbe) pose le problème du devenir de la culture. Ainsi aux Antilles, l'abandon progressif de certaines variétés s'accompagne d'une augmentation des importations d'ignames (souvent parasitées), en provenance de pays tiers voisins, et d'ignames (*D. opposita*) produites en France. L'apport des nouvelles technologies (micro-propagation, cryo-préservation, cytogénétique) doit permettre de réactiver la recherche de résistance à ces principaux nématodes, *S. bradys*, *P. coffeae* et *Meloidogyne* sp. chez les principales espèces cultivées de *Dioscorea* spp. (*D. alata*, *D. cayenensis*, *D. trifida*). Par ailleurs, la modernisation de l'agriculture et la nécessaire adoption de nouvelles pratiques agricoles nécessitent une recherche approfondie sur les systèmes de production les plus adaptés (choix des variétés, cultures de rotation, cultures associées) aux environnements socio-économique et agro-écologique. Enfin les méthodes de conservation de l'igname doivent être reconsidérées.

**Abstract** — **Nematodes of yam.** Various species of phytoparasite nematodes are associated with the yam crop (*Dioscorea* spp.) but 3 of them are considered as especially harmful: 2 migrating endoparasites *Scutellonema bradys* and *Pratylenchus coffeae*, and one sedentary root knot nematode *Meloidogyne incognita*. These nematodes have a especially negative impact during the tuber storage: weight loss (due first to *Scutellonema* et *Pratylenchus*), quality and market value losses and decrease of germination vigour. Loss of yam harvest can be evaluated

between 30 and 40% all over the world, directly or indirectly linked with nematodes both at field and storage level. An increase of disease problems with yam has been observed (nematodes, fungi, virus) linked to modern cropping techniques (in Africa, in Brazil and in Caribbeas). In that way, disease problems and changes in food habits have led progressively to abandon some yam varieties in the West Indies and furthermore to increase yam importation (often contaminated) from neighbour countries or from France (*D. opposita*). New technologies like micropropagation, cryopreservation, cytogenetics should help us to make progress toward plant resistance to fight the main nematodes: *S. bradys*, *P. coffeae* and *Meloidogyne* spp. in the most cultivated yam varieties (*D. alata*, *D. cayenensis*, *D. trifida*). Modernization of agriculture and the necessary adoption of new agriculture practices to satisfy increasing urban markets, also implies the need for a more in depth research on production systems (varietal choices, rotation, crop association), better adapted to socio-economic and agro-ecological environments. Yam storage methods need also to be consider.

## Introduction

L'igname est probablement l'un des plus anciens tubercules consommés par l'homme. Sa culture, après domestication, est pratiquée dans trois principales zones géographiques, l'Afrique de l'Ouest, la zone du Pacifique (incluant le Japon) et les Caraïbes, avec de manière plus ponctuelle certaines zones d'Afrique de l'Est et d'Amérique tropicale. On ne retrouve en fait cette culture que dans les régions ayant une pluviosité minimale de 1 500 mm, une température avoisinant les 30 °C et des sols à la fois riches et profonds (COURSEY, 1967). Le genre *Dioscorea* comprend plus de 600 espèces principalement tropicales et sub-tropicales, dont seulement 11 sont

importantes d'un point de vue agricole. Par la suite, ne seront mentionnées que les espèces les plus communément cultivées en zone tropicale, *Dioscorea cayenensis* Lam., d'origine ouest africaine, *Dioscorea alata* L. et *Dioscorea esculenta*, d'origine sud-est asiatique et dont la dissémination par les Espagnols et les Portugais a commencé dès le XVI<sup>e</sup> siècle ; *Dioscorea trifida*, d'origine sud-américaine ; *Dioscorea bulbifera* d'origine à la fois asiatique et africaine et enfin, *Dioscorea opposita* (igname asiatique), variété de climat tempéré, d'origine chinoise dont la culture est même pratiquée en France depuis de nombreuses années.

De très nombreux nématodes phytoparasites sont retrouvés associés à la culture de l'igname mais seulement trois genres sont reconnus comme véritablement dommageables, ce sont : le nématode de l'igname, *Scutellonema bradys* (STEINER et LEHEW, 1933 ; ANDRASSY, 1958) ; un nématode responsable de lésions racinaires, *Pratylenchus coffeae* (ZIMMERMAN, 1898) et les nématodes à galles appartenant au genre *Meloidogyne* (CHITWOOD, 1949). Ces différents nématodes sont de graves agents de détérioration du tubercule en conservation. Cette détérioration, outre la perte de poids associée (principalement liée à la présence de *Scutellonema*, de *Pratylenchus*), s'accompagne d'une perte de qualité non négligeable (aspect, diminution de la partie comestible), d'une baisse de la valeur commerciale du produit et, en cas d'utilisation en tant que semence, d'une baisse du pouvoir germinatif. De plus, il est fréquent d'observer des pourritures d'origines fongiques et/ou bactériennes en association.

A côté de ces espèces principales, on retrouve quelques espèces dont les dommages sont signalés localement, comme *Radopholus* sp. cf. *similis* (COBB, 1893) sur ignames dans les îles du Pacifique, *P. brachyurus* en Amérique centrale, et *Paratrichodorus porosus* au Japon sur *Dioscorea opposita*.

gombo (20,4 %) et de la tomate (20,6 %) par l'importance des dégâts (SASSER et FRECKMAN, 1987). Il apparaît, toutefois, que cette estimation, effectuée à partir des tubercules en commercialisation, soit bien en dessous de la réalité, les données économiques liées à cette culture de subsistance n'étant ni connues ni facilement accessibles. Ainsi en Côte d'Ivoire, on peut estimer que les pertes globales, parasites et ravageurs confondus, sont évaluées à 50 % entre le moment de la récolte et celui de la consommation (ORSTOM, non publié). Les résultats d'enquêtes sont rares mais s'accordent tous à montrer l'importance du problème (tableau I). Ainsi au Nigeria, près de 47 % des tubercules en circulation étaient infestés par *S. bradys* (BRIDGE, 1973) et des observations de *dry rot disease* ont été faites dans toutes les zones de production (ADESIYAN et ODIRHIN, 1977). Au Brésil, MOURA (comm. pers.) indique une perte annuelle de récolte de près de 40 % imputable aux nématodes. Dans la zone caraïbe, MIGNUCCI et CORDERO (1981) ont rapporté des dégâts dus aux nématodes sur 58 % des exploitations échantillonnées à Porto-Rico ; différentes enquêtes conduites depuis 1986 dans les Antilles françaises (KERMARREC et al., 1987) ont montré l'importance du problème posé par la présence des deux nématodes *S. bradys* et *P. coffeae*.

L'analyse de l'ensemble de la littérature sur les mots-clés « igname et nématode » (figure 1-A) nous montrent que l'essentiel du volume de recherche a été conduit dans la zone caraïbe (40 %) principalement dans les Antilles françaises et en Afrique de l'Ouest (34 %) au Nigeria, et ce durant les décennies 70 et 80 (figure 1-B). Ces recherches ont privilégié les études de pathogénie (59 %) et se sont intéressées aux différents nématodes dont *S. bradys* (38 %), *Meloidogyne* spp. (22 %) et *P. coffeae* (15 %). A côté de ces études de pathogénie (figure 2, A et B), on retrouve des études sur les moyens de lutte contre ces nématodes (30 %). On peut noter que très peu d'études ont concerné la recherche de résistance ou de tolérance à ces nématodes.

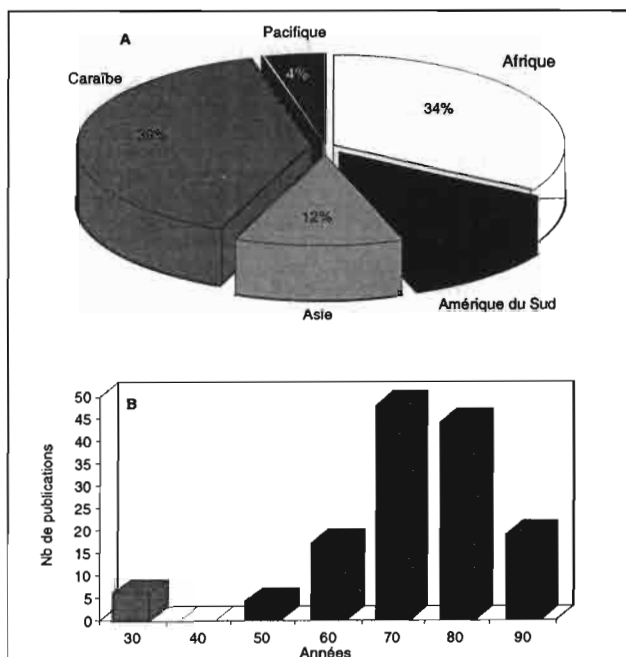
## Importance et évaluation du problème nématologique

L'importance du problème nématologique peut être appréciée de diverses manières. De façon directe, à travers les résultats d'enquêtes spécifiquement dirigées vers les problèmes nématologiques et, de façon indirecte, par l'analyse de la littérature existante qui nous donne une indication des périodes, des zones géographiques et des sujets sur lesquels l'effort de recherche a été le plus intense.

Les pertes économiques dues aux nématodes sur les ignames ont été estimées sur le plan mondial à 17,7 %, plaçant cette culture au 4<sup>e</sup> rang derrière les cultures des bananiers et plantains (19,1 %), du

**Tableau I.** Résultats d'enquêtes mentionnant le pourcentage d'infestations en nématodes des tubercules ou plantations d'ignames.

Pays	% Infestation	Auteurs
Nigeria	47	BRIDGE, 1973
Nigeria	100	ADESIYAN & ODIRHIN, 1977
Porto-Rico	58	MIGNUCCI & CORDERO, 1981
Martinique	79	KERMARREC et al., 1987
Dominique	51	KERMARREC et al., 1987
Guadeloupe	75	KERMARREC et al., 1987
Martinique	57,7	HOSTACHY et al., 1993
Guadeloupe	80	QUENEHERVE et al., 1996

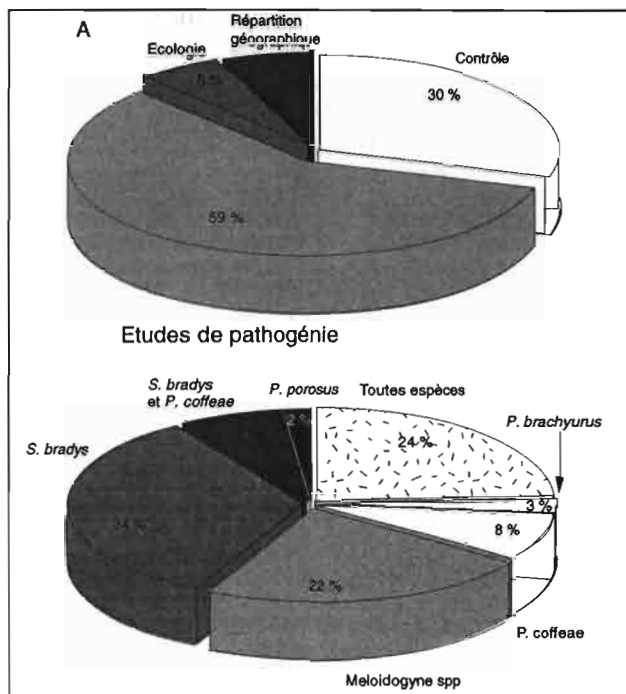


**Figure 1.** Analyse de la littérature igname et nématode (1931-1997). A : répartition géographique des travaux effectués sur les nématodes de l'igname. B : nombre de publications sur les nématodes de l'igname par décennies depuis 1931.

## Les nématodes

### Le nématode de l'igname, *Scutellonema bradys*

Cette espèce, souvent appelée « le nématode de l'igname », est bien connue comme agent de pourriture sèche de l'igname en conservation (*dry rot disease*) (SIDDIQUI, 1972). La première description de cette espèce a été faite à partir d'échantillons d'ignames infestées en provenance de la Jamaïque (STEINER, 1931). Depuis cette date, sa présence a été rapportée principalement en Afrique de l'Ouest (BAUDIN, 1956 ; BRIDGE, 1972 ; 1973), au Brésil (LORDELLO, 1959), en Inde, ainsi que dans la zone caraïbe (DECKER *et al.*, 1967 ; BELLIARD et KERMARREC, 1978) et, plus récemment, dans les Antilles françaises (KERMARREC *et al.*, 1981 ; KERMARREC *et al.*, 1987 ; CADET *et al.*, 1990 ; HOSTACHY *et al.*, 1993) ; QUENEHERVE *et al.*, 1996). En ce qui concerne la zone caraïbe, il faut noter que sa détection a toujours été principalement liée à son association avec des plantes cultivées du genre *Dioscorea* et *Xanthosoma*, ce qui n'est pas le cas en Afrique où cette espèce est retrouvée associée à de nombreuses autres plantes hôtes. Cette espèce appartient au genre *Scutellonema*, un genre très commun qui contient plus de 36 espèces, principalement rencontrées sur le continent africain



**Figure 2.** Analyse de la littérature igname et nématode (1931-1997). A : répartition thématique des travaux effectués sur les nématodes de l'igname. B : pourcentage de répartition des publications selon le nématode phytoparasite.

qui semble être son centre d'origine géographique et en Australie, tandis que, seule l'espèce *S. bradys* est présente dans la zone caraïbe. A côté de cette espèce, on retrouve également en Afrique *S. cavenessi* et *S. clathricaudatum*, deux espèces très proches dont la possible synonymie avec *S. bradys* est discutée (BAUJARD et MARTINY, 1995). Concernant le nématode de l'igname, *S. bradys*, il s'agit donc sans aucun doute d'un parasite d'importation, en provenance du continent africain dont la dissémination vers les Amériques (îles de la Caraïbe, région nord-est du Brésil) s'est faite à la faveur du transfert de matériel végétal infesté, *Dioscorea* spp. ou d'autres plantes non identifiées dès le XVI<sup>e</sup> siècle. Il faut noter sa détection tardive dans les îles des Antilles françaises, Guadeloupe et Martinique, qui remonte au début des années 80 (KERMARREC *et al.*, 1981) à la faveur sans doute d'une introduction massive de matériel de plantation infesté par *S. bradys*.

Dans les zones où cette espèce vient d'être introduite, il est à craindre toutefois qu'elle ne trouve refuge dans une ou plusieurs espèces végétales sauvages ou cultivées, et ne maintienne ainsi son potentiel infestant comme observé sur le continent africain. En effet, cette espèce ou complexe d'espèces posséderait une gamme d'hôtes assez large (LUC et de GUIRAN, 1960 ; ADESIYAN, 1976) mais avec un

faible taux de reproduction, excepté sur son hôte préférentiel, l'igname, et sur certaines plantes comme le haricot (*Vigna unguiculata*) et le melon (*Cucumis melo*), ce qui limiterait ainsi ses capacités de multiplication et son aire de diffusion. Il faut noter, toutefois, qu'en 1987, KERMARREC signale sa présence dans les Antilles françaises sur d'autres plantes, le malanga sauvage ou cultivé (*Xanthosoma* sp.), le taro ou dasheen (*Colocasia esculenta*) et la patate douce (*Ipomea batatas*). Depuis cette période, dans toutes les enquêtes menées dans les Antilles françaises, cette espèce n'a plus été détectée en dehors de son association avec le genre *Dioscorea*.

D'un point de vue biologique, ce nématode n'est que faiblement représenté dans le sol (seulement 9,1 % des échantillons de sol en présentent dans les tissus végétaux, HOSTACHY et al., 1993) en comparaison de l'infestation des tissus racinaires et du tubercule d'igname. Il s'agit d'un nématode endoparasite migrateur. Par ailleurs, la population tellurique semble principalement composée de femelles et de mâles alors que les juvéniles ne sont extraits que des tissus végétaux, racines, tubercules et néo-tubercules (CADET et QUENEHERVE, 1994). Cette information suggère que la totalité du cycle de développement du nématode est possible à l'intérieur des tissus végétaux et que les adultes représentent la forme infestante dans ce couple hôte parasite. Cette espèce, *S. bradys*, est donc bien un endoparasite strict dont le comportement sur de nombreux points (infestation, dissémination géographique, spécificité parasitaire, reproduction), est à rapprocher de celui de *Radopholus similis*, autre endoparasite strict sur bananiers (GOWEN et QUENEHERVE, 1990). Ce nématode se nourrit de façon intracellulaire dans les racines et dans la couche sous-corticale des tubercules, provoquant la rupture des parois cellulaires, la destruction du contenu des cellules et l'apparition de zones de nécrose envahissant petit à petit l'ensemble des tubercules (ADESIYAN, 1976 ; 1977).

En cours de végétation, l'ensemble des travaux rapportés dans la littérature, a montré des résultats contradictoires sur l'incidence de l'infestation en *S. bradys* et le rendement total en fin de culture. Il semblerait qu'en Afrique de l'Ouest, on observe une perte de récolte comprise entre 0 et 30 % (SMIT In BRIDGE, 1982 ; WOOD et al., 1980) tandis qu'à la Martinique, ni la germination du semenceau ni le rendement total en fin de culture ne semblent être affectés (CADET et QUENEHERVE, 1994 ; CADET et DALY, 1996). Ces différences proviennent sans doute de la qualité et de l'homogénéité des semenceaux en terme d'infestation préalable et des conditions environnementales (température, humidité du sol) auxquelles la culture a été soumise. Au moment de la récolte, il est très difficile d'observer des symptômes sur les tubercules fraîchement récoltés. Les dégâts

deviennent principalement apparents en cours de stockage, période durant laquelle le nématode se multiplie le plus activement (ADESIYAN, 1977 ; BRIDGE, 1982 ; CADET et QUENEHERVE, 1994).

En conservation, les premiers symptômes sur tubercules consistent en de petites lésions de couleur crème à jaune, localisées dans le cortex, juste sous l'écorce du tubercule et le plus souvent invisibles, excepté l'apparition de fines craquelures sur l'écorce. Après quelques mois, ces lésions augmentent considérablement en taille et progressent plus profondément à l'intérieur du tubercule ; des fissures et crevasses peuvent alors apparaître en surface du tubercule, et sous l'écorce, les zones nécrosées du tubercule prennent alors une coloration brunâtre (ADESIYAN et al., 1975). Parallèlement, on observe une perte importante de poids du tubercule (ADESIYAN et al., 1975) par dessèchement, qui peut aller jusqu'à 33 % dans des tubercules infestés, contre seulement 8 % dans des tubercules sains comme observé à la Martinique (CADET et QUENEHERVE, 1994). Les températures ambiantes relativement élevées (24-32 °C) auxquelles s'effectue la conservation des ignames affectent également considérablement la multiplication de *S. bradys* et corrélativement, la perte de poids des tubercules (ADESIYAN, 1977). Cette multiplication au cours de la conservation peut être considérable mais est aussi très variable d'un tubercule à l'autre (jusqu'à plus de 1 million d'individus par tubercule), la partie proximale des tubercules étant plus souvent nécrosée que la partie distale (CADET et QUENEHERVE, 1994).

### *Pratylenchus coffeae*

L'espèce *Pratylenchus coffeae* est largement répandue dans toute la zone tropicale, principalement dans la zone d'Amérique centrale et du Sud, en Asie et dans la zone pacifique (SIDDIQUI, 1972) alors qu'elle est pratiquement absente du continent africain. Ce nématode existe donc à l'état endémique dans toute la zone caraïbe et le continent sud-américain, et parasite un très grand nombre de plantes cultivées dont l'igname (MOURA et MONTEIRO, 1995) et d'adventices des cultures notamment dans les Antilles françaises (KERMARREC et SCOTTO LA MASSÈSE, 1972 ; QUENEHERVE et al., 1995). Sa gamme d'hôtes est particulièrement étendue mais sa présence sur igname est principalement rapportée dans la région Caraïbe (AYALA et ACOSTA, 1971 ; BRATHWAITE, 1972 ; COATES-BECKFORD et BRATHWAITE, 1977), dans de nombreuses îles du Pacifique (BRIDGE, 1988) et en Chine du sud (HUANG et al., 1994). Il s'agit également d'un agent de pourriture sèche de l'igname dont les symptômes sur tubercules en conservation sont difficilement discernables de ceux causés par *S. bradys*.

Lorsque ce nématode infeste une culture d'ignames, sa détection dans le sol est beaucoup plus fréquente que celle observée avec *S. bradys* (détection dans plus de 68 % des échantillons de sol en cas de présence dans les tissus végétaux, HOSTACHY *et al.*, 1993). Comme pour *Scutellonema*, il s'agit d'un nématode endoparasite migrateur dont le cycle de développement se situerait entre 3 et 4 semaines (THOMPSON *et al.*, 1973) et dont le mode de parasitisme est identique.

En cours de végétation, de même que pour *S. bradys*, on peut, dans le cas de fortes infestations des semenciers, observer des pertes de rendement à la récolte, consécutives de la baisse de germination et de la mauvaise installation de la culture (COATES-BECKFORD et BRATHWAITE, 1977 ; ACOSTA et AYALA, 1975).

C'est surtout en cours de conservation que l'essentiel des dégâts est observé. Les symptômes sur tubercules sont identiques à ceux causés par *S. bradys* : lésions sèches juste sous l'écorce du tubercule, extension à l'intérieur du tubercule, apparition de fissures et de profondes crevasses en surface du tubercule, apparence liégeuse, toucher spongieux des zones nécrosées brunâtres (THOMPSON *et al.*, 1973 ; ACOSTA et AYALA, 1975). Parallèlement, on observe également une perte importante de poids du tubercule par dessèchement. De la même façon, la température de conservation a une forte influence sur la multiplication de *P. coffeae* et, corrélativement, sur la perte de poids des tubercules (THOMPSON *et al.*, 1973).

Les observations d'infestations multiples par *Scutellonema* et *Pratylenchus* restent rares en terme de fréquence d'apparition (CASTAGNONE-SERENO et KERMARREC, 1988). Les deux espèces ayant le même comportement phytoparasite et consommant la même ressource alimentaire, doivent certainement participer à des phénomènes de compétition exclusion (spatiale et nutritionnelle). La prédominance de l'une ou de l'autre espèce est dans ce cas simplement liée à la fois aux conditions environnementales et à la qualité d'hôte de la variété parasitée. Une seule expérimentation (ACOSTA et AYALA, 1976) est rapportée dans la littérature, avec dans ce cas la dominance de *P. coffeae*.

### **Meloidogyne spp.**

Le nématode à galles, *Meloidogyne* spp., est associé à la culture de l'igname dans toutes les zones de culture (Afrique de l'Ouest, zone caraïbe, zone pacifique, Brésil, Amérique centrale et Japon). Les principales espèces en cause sont *M. incognita* et *M. javanica*, suivies de *M. arenaria* et de *M. hapla*. Ces espèces, et particulièrement *M. incognita*, sont extrêmement polyphages. Les attaques de nématodes

à galles sont caractérisées par l'apparition de nodosités (galles) sur le système racinaire. En cas de forte infestation, on peut observer des galles à la surface du tubercule, conduisant à des malformations et dépréciations qualitatives des tubercules (KERMARREC, 1974 ; JATALA et BRIDGE, 1990). Bien que ce genre soit présent dans toutes les régions où est cultivée l'igname, il semble que les attaques les plus sévères soient observées en Afrique de l'Ouest (CAVENESS, 1992) et au Brésil (MOURA et FREITAS, 1983 ; MOURA, comm. pers.).

Il s'agit d'un nématode endoparasite sédentaire : c'est-à-dire que les formes libres, les juvéniles de *Meloidogyne*, après migration dans le sol et à l'intérieur des racines, se fixent près du cylindre central, y établissent un site nourricier permanent (syncytium), grossissent considérablement et pondent des œufs (300-700) dans une masse mucilagineuse qui fait saillie à la surface de la racine. Le cycle de développement dure de 24 à 30 j. en conditions tropicales, la reproduction s'effectue par parthénogenèse mitotique. Il existe, dans le cas de l'igname, une particularité : en effet, ce nématode est capable de se développer également dans les tubercules. La plupart des nématodes sont concentrés dans les premiers millimètres de l'écorce, à une profondeur moyenne de 2 mm chez *D. alata* et de 4 à 6 mm chez *D. cayennensis* (NWAUZOR et FAWOLE, 1981). Une réaction des tissus de l'hôte peut être observée dans certains cas ; il s'agit d'une lignification des tissus qui entourent les femelles et les masses d'œufs de *Meloidogyne* sp. Cette réaction tissulaire peut tuer ou diminuer les effectifs de nématodes dans les tubercules en conservation (BRIDGE, 1973 ; NWAUZOR et FAWOLE, 1981).

En cours de végétation, les symptômes d'attaque de *Meloidogyne* spp. sur igname peuvent se traduire par un mauvais état général de la plante, allant d'une mauvaise croissance jusqu'à des observations de chlorose et de nanisme des plants. Aux Antilles, KERMARREC (1974) rapporte la destruction d'une culture de *D. trifida* suite à une attaque de *M. incognita*, avec l'apparition de galles importantes sur tubercules. Par ailleurs, les nombreux résultats rapportés dans la littérature sont bien souvent contradictoires quant à un effet sur le rendement, en raison des multiples conditions environnementales et du manque de robustesse des expérimentations.

L'importance économique de ces attaques de *Meloidogyne* réside encore une fois dans la dépréciation qualitative du tubercule au cours de la conservation. Il apparaît ainsi qu'au Nigeria, de 70 % (*D. rotundata*) à 90 % (*D. alata*) des ignames présentent des galles (ADESIYAN et ODIHIRIN, 1978) qui conduirait à une dépréciation de 39 à 52 % du prix en comparaison d'ignames non gallées (NWAUZOR et FAWOLE, 1981). L'importance des



dégâts occasionnés par le genre *Meloidogyne* est donc, sans aucun doute, sous-estimée dans bien des cas, parce que ces dégâts ne sont observés qu'au moment de l'utilisation du tubercule (épluchage et déchets plus importants).

## Autres nématodes

Un grand nombre d'autres nématodes phytoparasites ont été retrouvés en association avec la culture d'ignames. Parmi ces espèces, il est nécessaire de mentionner celles qui, par les dégâts occasionnés, peuvent présenter localement une importance économique.

On retrouve ainsi en Afrique de l'Ouest (MIEGE, 1957 ; CAVENESS, 1967), au Guatemala (JENKINS et BIRD, 1962), au Brésil (MOURA et MOURA, 1989) et dans les îles du Pacifique (BRIDGE, 1988), une seconde espèce appartenant au genre *Pratylenchus*, *P. brachyurus* (GODFREY, 1929 ; FILIPJEV et SCHUURMANS STECKHOVEN, 1941), capable de parasiter les racines et les tubercules d'igname. Les dommages liés à la présence de cette espèce sont à rapprocher de ceux provoqués par *P. coffeae*.

Dans certaines îles du Pacifique comme les îles Fidji, en Papouasie-Nouvelle Guinée et dans les îles Salomon (BUTLER et VILSONI, 1975 ; BRIDGE et PAGE, 1984), une espèce appartenant au genre *Radopholus* a également été retrouvée sur igname, parasitant racines et tubercules. Cette espèce, mentionnée comme proche mais, toutefois, différente de *R. similis* (COBB, 1913), est capable de provoquer une pourriture sèche semblable à celle observée en présence de *Scutellonema* ou de *Pratylenchus* (BRIDGE et PAGE, 1984).

Aux Antilles, il est nécessaire de mentionner la présence constante d'un nématode semi-endoparasite, *Rotylenchulus reniformis* (LINDFORD et OLIVEIRA, 1940). Ce nématode représente en effet l'espèce la plus fréquente (de 81 à 96 % des échantillons de *D. alata* et *D. cayenensis* à la Martinique en 1994) et la plus abondante (> 5 000 individus en moyenne par dm<sup>3</sup> de sol) retrouvée en association avec la culture de l'igname. La pathogénie de ce nématode sur igname reste toutefois encore inconnue.

Enfin, deux nématodes phytoparasites provoquent de graves dommages sur ignames de la variété *D. opposita* au Japon ; ils ne seront mentionnés ici qu'à titre d'information car on ne les retrouve exclusivement que dans les zones de climat tempéré associés à la culture de la variété chinoise *D. opposita*. Il s'agit de l'espèce ectoparasite *Paratrichodorus porosus* (ALLEN, 1957 ; SIDDIQUI, 1974) et de l'espèce endoparasite *Meloidogyne hapla* (CHITWOOD, 1949). La première espèce, *P. porosus*, est respon-

sable du *black scurf like syndrome* qui se traduit par un noircissement, suivi d'un dessèchement et d'une transformation liégeuse des extrémités des tubercules. La maladie s'aggrave lors des replantations successives sur les parcelles infestées, conduisant à la récolte de tubercules déformés (NISHIZAWA, 1973). L'autre espèce de nématode, *M. hapla*, est capable de se développer dans les tubercules d'igname (KAWAMURA et HIRANO, 1961).

## Incidence variétale

Avec plus de 600 espèces et variétés recensées, la très grande diversité du genre *Dioscorea* spp. devrait nous conduire à observer des différences comportementales vis-à-vis des attaques des différentes espèces de nématodes. Les résultats, parfois contradictoires, rapportés dans la littérature, nous invitent à considérer avec prudence les observations conduites aux champs, et à privilégier les résultats d'expérimentations après inoculations. La difficulté d'obtention de résultats fiables au champ conduit maintenant les instituts de recherche à privilégier les procédures d'évaluation de variétés issues de propagation *in vitro* dans les programmes de sélection de l'igname (IITA, Nigeria).

Les travaux, conduits en Afrique de l'Ouest et rapportés dans la littérature, ont montré que *Scutellonema bradys* était le parasite majeur dans cette région du monde et qu'il était capable d'infester la plupart des espèces et des variétés cultivées (*D. cayenensis*, *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. dumetorum* et *D. esculenta*), sans qu'il ait été possible d'identifier une source de résistance contre ce nématode. Une des rares expérimentations de laboratoire (CAVENESS, 1967) mentionne la plus grande capacité des ignames du genre *D. alata* à la multiplication de *S. bradys* en comparaison avec *D. cayenensis*. Les observations et travaux conduits aux Antilles ont montré qu'en l'absence de *Scutellonema bradys*, *Pratylenchus coffeae* était, pour cette région, le parasite majeur. Une expérimentation conduite à la Guadeloupe (tableau II), a permis d'évaluer la variabilité inter-et intra espèces (*Dioscorea* spp.) en réponse à l'inoculation des trois principales espèces de nématodes parasites de l'igname (*S. bradys*, *P. coffeae*, *M. incognita*), (KERMARREC *et al.*, 1989). On peut déjà compléter ce tableau en précisant que les *D. alata* sont tout à fait sensibles aux attaques de *S. bradys*, confirmant ainsi les travaux de CAVENESS, 1967. On observe donc également une forte homogénéité de la réponse « sensible » vis-à-vis de *Scutellonema*. Ce qui n'est pas le cas pour *Pratylenchus* et *Meloidogyne* : en effet, on observe que *D. alata* est moins apte au développement de *P. coffeae* et que *D. trifida* est par



**Tableau II.** Sensibilité variétale chez *Dioscorea* spp. après inoculation par les trois principales espèces de nématodes parasites de l'igname, *Scutellonema*, *Pratylenchus* et *Meloidogyne* (sensibilité figurée par le nombre d'astérisques ; nd = non déterminé), KERMARREC *et al.*, 1989.

	variété	<i>Scutellonema</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>
<i>D. cayenensis</i>	V17.2	**	***	*
	Grande Savane	**	***	*
	Grosse Caille	**	***	*
	Pognon	**	***	nd
<i>D. alata</i>	SEA 144	nd	*	*
	Plimbite	nd	*	*
	Belep	nd	**	*
	Pacala	nd	**	*
<i>D. trifida</i>	Catie	**	***	**
	INRA 5-20	**	***	***
	Capesterre	**	***	***
	Moengo	nd	nd	***

NB : Il est maintenant évident que les variétés appartenant à l'espèce *D. alata* sont également hautement sensibles (\*\*\*) au genre *Scutellonema*.

contre très sensible à *Meloidogyne* sp. Il y a donc une disparité dans la réponse parasitaire. L'ensemble de cette expérimentation a confirmé l'existence de résistance potentielle à *Pratylenchus* et peut être également à *Meloidogyne*, chez des variétés de *D. cayenensis* provenant du Nigeria et chez *D. alata*, avec des variétés déjà en exploitation, comme les variétés Sea et Plimbite.

Il existe donc des résultats encourageants quant à la recherche de sources de résistance à *Pratylenchus coffeae* chez les variétés de *D. cayenensis* et de *D. alata*. Il n'y a, par contre, pour le moment, aucune preuve de l'existence d'une résistance à *Scutellonema bradys* chez une quelconque variété de *Dioscorea* spp.

En Afrique de l'Ouest, il semble que les premiers résultats concernent la mise en évidence de résistance et/ou de tolérance au nématode à galles, *Meloidogyne* sp. Dès 1976, CAVENESS et WILSON mentionnent l'espèce *D. Dumetorum* comme étant hautement résistante à *Meloidogyne* sp. tandis que les espèces *D. praehensilis* et *D. rotundata* sont, par contre, très sensibles aux nématodes à galles. Plus récemment, OGBUJI (1995) propose une classification décroissante de la tolérance à *Meloidogyne incognita* : *D. cayenensis*/*D. bulbifera*/*D. esculenta* > *D. alata* > *D. rotundata*. Enfin, EMEHUTE *et al.* (1997) mentionnent le bon comportement au champ des variétés *D. alata* var. Um680 et *D. dumetorum* en présence de fortes populations de *Meloidogyne* sp.

## Contrôle

La littérature recense de nombreuses méthodes de lutte, physique ou chimique, contre les nématodes de l'igname (JATALA et BRIDGE, 1990). Il faut dire qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, de solution totalement satisfaisante, excepté la culture de plants indemnes de nématodes (propagation *in vitro*, multiplication par micro-bouturage, etc.) sur des sols indemnes des principaux nématodes parasites de l'igname, recommandation annoncée il y a déjà longtemps par THOMPSON *et al.* (1973).

Ceci énoncé, et en attendant la mise à disposition de ce matériel sain issu de propagation *in vitro*, il faut tout de même mentionner les quelques techniques à la disposition de l'agriculteur qui permettent d'abaisser le seuil de nuisibilité des principaux nématodes de l'igname, *S. bradys*, *P. coffeae* et *Meloidogyne* spp., à un niveau acceptable en terme de perte de récolte après conservation.

## Assainissement du matériel de plantation

La première règle consiste à utiliser du matériel de plantation indemne de nématodes. Comme nous l'avons vu précédemment, la biologie des parasites

considérés leur permet de pénétrer profondément sous l'écorce du tubercule, ce qui les protège ainsi des influences extérieures mais aussi des éventuels traitements appliqués aux tubercules. De plus, le mode de propagation végétative par semenceaux (fragments de tubercules) est également le meilleur mode de dissémination des parasites. A cet effet, il faut mentionner la technique néfaste du *junking* dans la zone caraïbe (conservation de la tête du tubercule pour les semences) qui accroît considérablement les risques de dissémination et d'infestation par les nématodes, parce qu'étant la partie du tubercule la plus infestée (CADET et QUENEHERVE, 1994).

Différentes techniques ont été utilisées avec plus ou moins de succès. La méthode la plus documentée a été la thérapie des tubercules par immersion dans l'eau à des températures comprises entre 46 ° et 55 °C pour une période de temps comprise entre 15 et 60 minutes. Outre les difficultés techniques inhérentes à la mise en œuvre de cette pratique et son relatif manque d'efficacité, s'ajoutaient parfois des problèmes de mauvaise germination et de pourriture du tubercule en relation avec l'âge du tubercule, la variété d'igname et la sévérité de l'infestation (BRIDGE, 1982 ; JATALA et BRIDGE, 1990).

Une autre technique consiste au trempage (*dipping*) des tubercules ou semenceaux dans la solution aqueuse d'une substance nématocide (JATALA et BRIDGE, 1990). Ces traitements réduisent la population de nématodes sans jamais la détruire totalement (BADRA et CAVENESS, 1979). De plus, la disparition progressive du marché des principaux nématocides organo-halogénés, utilisables en formulation liquide émulsifiable, a rendu cette pratique non recommandable et difficilement applicable.

Enfin, une technique de pralinage (*coating*) des semenceaux, dernièrement évaluée en Martinique (CADET et DALY, 1996) à l'aide d'un mélange d'eau, d'argile et d'une substance nématocide, s'est révélée très efficace avec un effet résiduel sur l'infestation et les pertes de poids des tubercules récoltés en conservation (70 % de tubercules sains à la récolte et perte de poids des tubercules en conservation ramenée de 68 % pour le témoin, à 23 % pour le traité). Cette technique, comme présentée par les auteurs, doit être considérée comme une technique de transition pour la production de plants de semences, en attendant la mise à disposition de semenceaux sains via d'autres techniques.

## Assainissement du sol

L'assainissement du sol est plus difficile à réaliser. Il peut résulter principalement d'une période de jachère ou, dans de rares situations, d'un traitement du sol avant plantation à l'aide d'un produit nématocide.

En effet, en raison de la très grande polyphagie de certaines espèces comme *P. coffeae* et *Meloidogyne* spp. mais aussi de *S. bradys* en Afrique de l'Ouest, il semble difficile d'espérer l'éradication totale et simultanée de ces espèces, que ce soit dans un système de rotation culturale ou après une période de jachère. De plus, les pratiques culturales liées à la culture de l'igname sont multiples, allant du jardin polycultural à l'exploitation monoclonale, chacune possédant sa propre incidence sur le développement des peuplements de nématodes.

En Afrique de l'Ouest, la culture traditionnelle d'igname, en monoculture ou cultures associées, intervient généralement en tête de rotation sur défriche-brûlis après quelques années de jachère. Sur ces jachères non cultivées, de nombreuses plantes hôtes sont susceptibles de maintenir les populations de *S. bradys* (SMIT, 1967). De plus, le mode de propagation végétative de l'igname est capable d'assurer à lui seul la recontamination en nématodes phytoparasites de la nouvelle culture. La modification des pratiques agricoles, en cours de sédentarisation en Afrique aux abords des grandes concentrations urbaines, va entraîner un profond changement des pratiques culturales : diminution ou disparition de la période de jachère, remplacement des cultures associées par la monoculture, culture monoclonale, mécanisation et rotation culturale. Ces changements risquent d'accentuer les problèmes phytosanitaires, et en parallèle à l'utilisation d'un matériel de plantation sain, il sera nécessaire d'éviter les cultures de rotation ou associées susceptibles de développer les populations de *Scutellonema* et de *Meloidogyne*. Au Brésil, cette rotation des cultures tous les trois ans est déjà en place (MOURA, com. pers.).

Dans les îles des Caraïbes, deux modes de cultures de l'igname coexistent (DEGRAS, 1986) : une culture traditionnelle d'autoconsommation de *D. cayenensis* en fosses, polyclonale et souvent associée à une culture de dasheen pour un maximum de trois années après une jachère de longue durée (pâturage, bois), et une culture mécanisée pour le marché local de *D. alata* sur billons, monoclonale et en rotation avec d'autres cultures (maraîchage, banane, ananas ou pâturage). Ce dernier mode de culture est plus sensible aux attaques de ravageurs et pathogènes, que la culture traditionnelle (cas de *Scutellonema bradys* sur *D. alata* cv Belep en Martinique et en Guadeloupe). Dans ce type de culture, l'assainissement du sol est fonction du précédent cultural mais demeure limité face à la polyphagie de *P. coffeae*. En effet, ce nématode phytoparasite est bien adapté à son environnement agro-écologique dans la zone caraïbe où il est présent sur de nombreuses autres plantes réservoirs cultivées ou adventices (FOURNET *et al.*, 1990 ; QUENEHERVE *et al.*, 1995).

La désinfection chimique du sol avant plantation et l'application de nématicides en cours de végétation, pratiques coûteuses et dangereuses pour l'environnement et les manipulateurs, n'ont jamais connu de développement économique malgré quelques essais à Porto-Rico (AYALA et ACOSTA, 1971) et au Nigeria (ADESIYAN et BADRA, 1982). Ce type d'intervention, difficilement applicable en culture traditionnelle (après défriche-brûlis ; sur jardin polyculturel), ne serait utilisable qu'en culture intensive (culture sur billons, mécanisation). Toutefois, l'interdiction progressive de la mise sur le marché des principaux fumigants et de certains nématicides organohalogénés, la présence de résidus dans la récolte associée à leur utilisation, mais surtout la non-homologation de la plupart de ces nématicides sur culture d'igname, ne laissent que peu d'avenir à cette pratique.

## Contrôle des populations de nématodes en conservation

Comme nous l'avons vu plus haut, l'essentiel des dégâts dus aux nématodes intervient lors de la conservation en frais des tubercules. Cette conservation, de 2 à 6 mois en général, est réalisée de manière presque identique dans tous les pays : dans le sol avec arrachage au moment de la consommation, enfouis dans le sol après arrachage, sur le sol et recouvert de feuilles et branchages, sur des clayettes aérées, suspendues, dans des silos à ignames, etc. (DEGRAS, 1986). Cet entreposage, qui s'accompagne d'une perte de poids naturelle d'autant plus importante que les ignames sont infestées ou non de nématodes, est donc le dernier moment où l'on peut agir sur le développement des populations de nématodes à l'intérieur des tubercules. Cet aspect a déjà été envisagé lors d'expérimentations de conservation à température basse ou après exposition à une gamma-irradiation. Ainsi, lorsque cela est possible, la conservation des tubercules à une température contrôlée de l'ordre de 12-15 °C, inférieure à la température limite de reproduction des nématodes (*Scutellonema*, *Pratylenchus*) dans les tubercules, devrait permettre d'augmenter la durée de conservation tout en réduisant les dégâts et la perte de poids associée à la présence de ces nématodes (THOMSON *et al.*, 1973; RIVERA, 1974; ADESIYAN, 1977). Par ailleurs, la gamma irradiation des tubercules présente beaucoup d'intérêt, à la fois économique et technique, dans la limitation des dégâts dus aux nématodes en conservation (ADESIYAN, 1977). Cette technique n'est toutefois utilisable que lorsque les tubercules sont destinés à la consommation car elle inhibe fortement la germination ultérieure. L'application de cette technique demeure encore sujette à de nombreuses réticences (consommateurs, utilisateurs, organismes de dévelop-

pement) et n'a pas eu encore les développements que l'on aurait pu en attendre (cf. domaine agro-alimentaire).

Enfin, une solution plus radicale est en expansion en Afrique (Nigeria, Bénin, Togo), il s'agit de la transformation des tubercules fraîchement récoltés en cossettes, fabriquées spécialement pour le marché urbain. Cette transformation du produit frais en aliment reconstitué, augmente la durée de stockage, diminue les coûts de transport tout en éliminant les dégâts dus aux nématodes en conservation. Encore faut-il que les habitudes alimentaires suivent !

## Conclusion

Cette revue bibliographique démontre si nécessaire, l'importance du problème des nématodes qui, avec certaines maladies cryptogamiques comme l'anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), ou virales comme le virus de la mosaïque de l'igname (Ymv), constituent des obstacles majeurs au maintien et/ou au développement de la culture de l'igname, pourtant à la base de l'alimentation glucidique, dans de nombreuses parties du monde. L'apport des nouvelles technologies (micro-propagation, cryopréservation, cytogénétique) devrait nous permettre de réactiver de manière plus rationnelle certains domaines prioritaires comme la recherche de résistance aux principaux nématodes, *S. bradys*, *P. coffeae* et *Meloidogyne* sp. chez les principales espèces cultivées de *Dioscorea* spp. En parallèle à ce volet de recherche et tout aussi prioritaire, la modernisation de l'agriculture et la nécessaire adaptation à de nouvelles pratiques agricoles (sédentarisation, mécanisation, monoculture) pour faire face aux demandes croissantes des marchés urbains, nécessiteront une recherche approfondie sur : les systèmes de production les plus adaptés (choix des variétés, cultures de rotation, cultures associées) aux environnements socio-économique et agro-écologique et sur les méthodes de conservation de l'igname des régions considérées.

Enfin, sans rentrer dans les détails, il existe encore de nombreux vides dans la connaissance que nous avons des problèmes nématologiques sur ignames qui devront faire l'objet de nouvelles recherches. Ainsi, et sans que ceci soit exhaustif ou affiche une priorité thématique, au niveau variétal notre connaissance est principalement restreinte aux seules espèces *D. alata* et *D. cayenensis*, alors que bien d'autres espèces présentent un intérêt social et économique qu'il nous faudra étudier (exemple de *D. trifida*). A un niveau géographique nous devrions approfondir nos connaissances sur les ignames d'Amérique centrale et de Nouvelle-Calédonie, systèmes de productions sur

lesquels nous n'avons que peu ou pas d'information nématologique. Enfin, d'un point de vue purement nématologique, il serait intéressant d'élucider la validité spécifique des trois espèces africaines de *Scutellonema* (*S. bradys*, *S. cavenessi*, et *S. clathricaudatum*) par une confirmation biochimique (Rapid-Pcr). Ce renseignement devrait nous permettre de ré-évaluer la gamme d'hôtes de ce parasite, et de mesurer les risques éventuels de contaminations et de disséminations lors de rotations culturales. Il serait également intéressant de vérifier l'existence de « races » biologiques de *Scutellonema bradys* et de *Pratylenchus coffeae* plus spécifiques de l'igname par une analyse biochimique d'un grand nombre de populations d'origines géographiques différentes, comme cela vient d'être réalisé pour l'espèce *Radopholus similis*, principal nématode phytoparasite du bananier. Ces renseignements devraient nous permettre de vérifier l'hypothèse sur l'origine géographique de *S. bradys* et d'évaluer le risque génétique en terme de flux de gènes lors des transferts de végétaux infestés par ces nématodes afin de répondre aux interrogations des services administratifs, en termes de quarantaine et de risque phytosanitaire lors des importations/exportations d'ignames.

#### Remerciements

L'auteur tient à remercier les différents personnes dont, Dr. P. BAUJARD (Orstom, France), Dr J. BRIDGE (Cabi, UK), Dr K. GREEN (IITA, Nigeria), Dr A. KERMARREC (Inra, Guadeloupe) et Dr R.M. MOURA (Université Pernambuco, Brésil) qui, par leurs informations, ont facilité la rédaction de cette revue.

## Références bibliographiques

- ACOSTA N., AYALA A., 1975. Pathogenicity of *Pratylenchus coffeae*, *Scutellonema bradys*, *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on *Dioscorea rotundata*. *Journal of Nematology* 7 : 1-6.
- ACOSTA N., AYALA A., 1976. Effect of *Pratylenchus coffeae* and *Scutellonema bradys* alone and in combination on Guinea Yam (*Dioscorea rotundata*). *Journal of Nematology* 8 : 315-317.
- ADESIYAN S.O., 1976. Host range studies of the yam nematode, *Scutellonema bradys*. *Nematopica*, 6 : 60-63.
- ADESIYAN S.O., 1977a. Penetration and multiplication of *Scutellonema bradys* in yams (*Dioscorea* spp.). *Nematologica Mediterranea* : 5 : 313-317.
- ADESIYAN S.O., 1977b. Studies on the effect of gamma radiation (from Cobalt 60 source) on storage life of white yam (*Dioscorea rotundata* var efon) infected with *Scutellonema bradys*. *Annals of Applied Biology* 86 : 213-217.
- ADESIYAN S.O., BADRA T., 1982. Granular nematocides for control of the yam nematode, *Scutellonema bradys*, and relevant residues in raw tubers. *Journal of Nematology* 14 : 213-216.
- ADESIYAN S.O., ODIHIRIN R.A., 1977. Plant parasitic nematodes associated with yam tubers in Mid-west State, Nigeria. *Nigerian Journal of Plant Protection* 3 : 178-179.
- ADESIYAN S.O., ODIHIRIN R.A., 1978. Root knot nematodes as pests of yams (*Dioscorea* spp. ) in Southern Nigeria. *Nematologica* 24 : 132-134.
- ADESIYAN S.O., ODIHIRIN R.A., ADENIJI, M.O., 1975a. Histopathology studies of the yam tuber (*Dioscorea rotundata* Poir) infected with *Scutellonema bradys* (STEINER & Le HEW). *International Biodeterioration Bulletin* 11 : 48-55.
- ADESIYAN, S.O., ODIHIRIN, R.A., ADENIJI M.O., 1975B. Economic losses caused by the yam nematode *Scutellonema bradys* in Nigeria. *Plant Disease Reporter* 59 : 477-480.
- AYALA A., ACOSTA N., 1971. Observation on yam (*Dioscorea alata*) nematodes. *Nematopica* 1 : 39-40.
- BADRA T., CAVENESS F.E., 1979. Chemotherapy of *Dioscorea alata* for disinfestation of *Scutellonema bradys*. *Nematopica* 9 : 135-137.
- BAUDIN P., 1956. Les maladies parasitaires des ignames en Côte d'Ivoire. *Revue de Mycologie*, Paris 21 supplément colon. n°2, p. 87-11.
- BAUJARD P., MARTINY B., 1995. Ecology and pathogenicity of the *Hoplolaimidae* (Nemata) from the sahelian zone of West Africa. 1. Field studies on *Scutellonema cavenessi* Sher, 1964. *Fundamental and Applied Nematology* 18 : 261-269.
- BELLIARD A., KERMARREC A., 1978. Présence du nématode de l'igname (*Scutellonema bradys*) dans les tubercules de *Dioscorea trifida* en République dominicaine. *Nouvelles Agronomiques Antilles-Guyane* 14 : 49-51.
- BRAITHWAITE C.W.D., 1972. Preliminary studies of plant parasitic nematodes associated with selected crops at the University of the West Indies. *Plant Disease Reporter* 56 : 1077-1079.
- BRIDGE J., 1972. Nematode problems with yams (*Dioscorea* spp.) in Nigeria. *Pans, Pest Articles and News Summaries* 1 : 89-91.
- BRIDGE J., 1973. Nematodes as pests of yams in Nigeria. *Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Gent* 38 : 841-852.
- BRIDGE J., 1982. Nematodes of Yams. In *Yams*, J. MIEGE & S.N. LYONGA (Eds.). Clarendon Press, Oxford, UK, p. 253-264.
- BRIDGE J., 1988. Plant parasitic nematode problems in the Pacific Islands. *Journal of Nematology* 20 : 173-183.

- BRIDGE J., PAGE S., 1984. Plant nematode pests of crops in Papua New Guinea. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1 : 99-109.
- BUTLER L., WILSON F., 1975. Potential hosts of the burrowing nematode in Fiji. *Fiji Agricultural Journal* 37 : 38-39.
- CADET P., DALY P., 1996. Use of nematicides to produce yam planting material free of *Scutellonema bradys* in Martinique (French West Indies). *Crop Protection* 15 : 187-195.
- CADET P., QUENEHERVE P., 1994. Fluctuations naturelles de *Scutellonema bradys* (Nematoda: Hoplolaimidae) au cours de la croissance et du stockage de l'igname (*Dioscorea alata*) à la Martinique. *Nematologica* 40 : 587-600.
- CADET P., TOPART P., MARIE-LUCE S., HOSTACHY B., DALY P., 1990. Etude de la dissémination de *Scutellonema bradys*, parasite de l'igname à la Martinique. Fort-de-France, Martinique, Orstom, 23 p. (document interne).
- CASTAGNONE-SERENO P., KERMARREC A., 1988. Association between *Pratylenchus coffeae* and *Scutellonema bradys* in yam tubers under agronomic conditions in the French West Indies. *Nematopica* 18 : 155-157.
- CAVENESS F.E., 1967. Shadehouse host ranges of some Nigerian nematodes. *Plant Disease Reporter* 51 : 115-119.
- CAVENESS F.E., 1992. Nematological research at IITA 1969-1988: A summary of investigations. J. LOWE, (Ed.). *Plant Health Management Research Monograph* 2. IITA, Ibadan, Nigeria, 52 p.
- CAVENESS F.E., WILSON J.E., 1976. In Farming Systems Program, Crop Protection Subprogram, Nematology internal report, F.E. CAVENESS (Ed.). IITA, Ibadan, Nigeria, p. 23-26.
- COATES-BECKFORD P.L., BRATHWAITE C.W.D., 1977. Comparison of various treatments for the control of *Pratylenchus coffeae* in yams. *Nematopica* 7 : 20-26.
- COURSEY D.G., 1967. Yams. Longmans, London, UK, 230 p.
- DECKER H., CASAMAYOR G.R., BOSCH D., 1967. Observaciones sobre la presencia del nematodo *Scutellonema bradys* en el tuberculo de name, en la provincia de Oriente (Cuba). *Boln. Cienc. tecnol. Univ. cent. Las Villas* 2 : 67-70.
- DEGRAS L., 1986. L'igname : plante à tubercule tropicale. Coll. Techniques Agricoles et Productions Tropicales, vol XXXVI. Maisonneuve & Larose, Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris, France, 408 p.
- EMEHUTE J.K.U., IKOTUN T., NWAUZOR E.C., NWOKOCHA, H.N., 1997. Crop protection. In Food Yams: Advances in research, ORKWOR et al., (Eds.). IITA, Ibadan, Nigeria, p. 143-186.
- FOURNET J., KERMARREC A., DOS SANTOS F., 1990. Poblaciones de malezas y nematodos hospedados por algunas de ellas en los cultivos de ñame de la Basse Terre (Guadeloupe). *Turrialba* 40 : 257-264.
- GOWEN S., QUENEHERVE P., 1990. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. In Plant parasitic nematodes in subtropical & tropical agriculture, M. LUC R.A., SIKORA and J. BRIDGE (Eds.). CAB International, Wallingford, UK, p. 431-460.
- HOSTACHY B., CADET P., QUENEHERVE P., DUFEAL D., DESPRAT A., TOPART P., MARIE-LUCE S., DALY P., 1993. L'igname et ses contraintes parasitaires à la Martinique : résultats de l'enquête réalisée en 1991. Service de la Protection des Végétaux, Fort-de-France, Martinique, 23 p. (document interne).
- HUANG W.H., GAO X.B., LU J.H., 1994. Pathogen identification and pathogenicity of the Chinese yam rot disease caused by lesion nematodes. *Journal of South China Agricultural University* 15 : 35-38.
- JATALA P., BRIDGE J., 1990. Nematode of root and tuber crop. In Plant parasitic nematodes in subtropical & tropical agriculture, M. LUC, R.A. SIKORA and J. BRIDGE (Eds.). CAB International, Wallingford, UK, p. 137-180.
- JENKINS W. R., BIRD G. W., 1962. Nematodes associated with wild yam, *Dioscorea* sp., with special reference to the pathogenicity of *Meloidogyne incognita* *Plant Disease Reporter* 46 : 858-860.
- KAWAMURA T., HIRANO K., 1961. Host parasite relationship of *Meloidogyne hapla* Chitwood on yam (*Dioscorea batatas* Decne). *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 26 : 7-15.
- KERMARREC A., 1974. Les nématodes de l'igname dans les Antilles. *Nouvelles Maraichères et Vivrières Antilles-Guyane* 6 : 9-21.
- KERMARREC A., SCOTTO LA MASSESE C., 1972. New contributions to the study of the nematode fauna in the French West Indies. *Nematopica* 2 : 41-43.
- KERMARREC A., ANAIS A., ARNOLIN R., GAMINETTE F., DESGRANGE M.H., DOS SANTOS F., 1989. Sensibilité de cultivars de *Dioscorea alata*, *D. cayensis*, et *D. trifida* aux nématodes *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus coffeae* et *Scutellonema bradys*. Proceeding of the 25<sup>th</sup> meeting of the Caribbean Food Crop Society, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, p. 225-236.
- KERMARREC A., CASTAGNONE-SERENO P., DEGRAS L., ANAIS A., DENON D., 1987. Nouvelle distribution de *Scutellonema bradys* (Tylenchida: Hoplolaiminae) dans la Caraïbe: le cas des Antilles françaises. *Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Gent* 52 : 617-624.

- KERMARREC A., DEGRAS L., ANAIS A., 1981. Le nématode de l'igname *Scutellonema bradys* dans la Caraïbe : distribution et quarantaine internationale. *L'Agronomie Tropicale* 36 : 364-369.
- LORDELLO L.G.E., 1959. A nematosis of yam in Pernambuco, Brasil, caused by a species of the genus *Scutellonema*. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro 19 : 33-41.
- LUC M., de GUIRAN G., 1960. Les nématodes associés aux plantes de l'Ouest africain. Liste préliminaire. *L'Agronomie Tropicale* 15 : 434-449.
- MIEGE J., 1957. Influence de quelques caractères des tubercules semences sur la levée et le rendement des ignames cultivées. *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée* 4 : 315-342.
- MIGNUCCI M., CORDERO M., 1981. La semilla de ñames : plagas y enfermedades. *Agricultural Experimental Station and Agricultural Extension Service Bulletin*, 13 p.
- MOURA R.M., FREITAS O.M.B.L., 1983. Observações sintomatológicas sobre a meloidoginose do inhame (*Dioscorea cayenensis* Lam.). *Fitopatologia Brasileira* 8 : 243-249.
- MOURA R.M., MONTERO A.R., 1995. *Pratylenchus coffeae* on yams in Brazil. *Nematologia Brasileira* 20 (sous presse).
- MOURA R.M., MOURA A.M., 1989. Ocorencia da Pratylenchose do Inhame no Estado da Paraíba. *Nematologia Brasileira* 13 : 51-57.
- NISHIZAWA T., 1973. Pathogenicity of *Trichodorus porosus* to Chinese yam. *Japanese Journal of Nematology* 3 : 33-37.
- NWAUZOR E.C., FAWOLE B., 1981. Root knot nematodes on yams in Eastern Nigeria. *Proceeding of the 3<sup>rd</sup> Research Planning Conference on root knot nematode Meloidogyne spp., Regions IV and V. Ibadan, Nigeria*, p. 161-167.
- OGBUJI R.O., 1995. Studies on the resistance/susceptibility of yam cultivars to *Meloidogyne incognita*. *In Pests and pathogens of Yams in storage*, GREEN K.R. & FLORINI 1996. *African Journals of Root and Tuber Crops* 1 : 38-42.
- QUENEHERVE P., DROB F., TOPART P., 1995. Host status of some weeds to *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., and *Rotylenchulus reniformis* associated with vegetable cultivated in polytunnels in Martinique. *Nematropica* 25 : 149-157.
- QUENEHERVE P., ANAIS A., MARCHAY L., KERMARREC A., 1996. Les nématodes et la culture de l'igname aux Antilles : rapport d'enquête. Inra, Petit-bourg, Guadeloupe, 18 p. (document interne).
- RIVERA J.R., 1974. An improved method for storing yam (*Dioscorea alata*) *Journal of Agriculture University of Puerto-Rico* 58 : 456-465.
- SASSER J.N., FRECKMAN D.W., 1987. A world perspective on nematology: the role of the Society. *In Vistas on Nematology*, J.A. VEECH and D.W. DICKSON (Eds.). Hyattsville, USA, p. 7-14.
- SIDDIQUI M.R., 1972a. *Pratylenchus coffeae*. C.I.H. Description of Plant parasitic Nematodes, CAB International, Wallingford, UK, (Set 1, No 6).
- SIDDIQUI M.R., 1972b. *Scutellonema bradys*. C.I.H. Description of Plant parasitic Nematodes, CAB International, Wallingford, UK, (Set 1, No 10).
- SMIT J., 1967. Nematodes. *In Yams*, COURSEY D.G. (Ed.). Longmans, London, UK, p. 115-120.
- STEINER G., 1931. *Tylenchus pratensis* parasitizing yams (*Dioscorea* sp.) from West Africa. *Plant Disease Reporter* 15 : 21.
- THOMSON A.K., BEEN B.O., PERKINS C., 1973. Nematodes in stored yams. *Experimental Agriculture* 9 : 281-286.
- WOOD T.G., SMITH R.W., JOHNSON R.A., KOMOLAFE P.O., 1980. Termite damage and crop loss studies in Nigeria - preharvest losses to yams due to termites and other soil pests. *Tropical Pest Management* 26 : 355-370.



# Les virus de l'igname : caractérisation immunologique et moléculaire du virus de la mosaïque de l'igname

C. URBINO, M. BOUSALEM, A. PINEL, D. FARGETTE, J. DUBERN  
Lprc Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex, France

**Résumé** — L'igname (*Dioscorea* spp.) est une culture vivrière importante pour l'alimentation humaine en zone tropicale. Elle est sensible à de nombreux agents pathogènes — aux virus notamment — qui constituent une contrainte majeure pour son développement. La propagation par voie végétative, la transmission par insecte vecteur, ainsi que les introductions non contrôlées de matériel végétal infecté ont entraîné une dissémination des virus dans les différentes zones de culture. La mosaïque de l'igname (YMV) est l'une des principales maladies virales de l'igname. Les travaux menés par l'Orstom sur l'étiologie de la maladie, son importance économique, et certains aspects épidémiologiques sont présentés. Les résultats ont trait à la variabilité du YMV. Elle a été établie à partir d'une collection de 70 isolats provenant des différentes zones de production. Les isolats ont été comparés sur la base de la symptomatologie sur *Nicotiana benthamiana*, de la mobilité électrophorétique des protéines de capside et de la reconnaissance par trois anticorps monoclonaux dirigés contre le YMV. L'étude moléculaire a permis de confirmer que les isolats étudiés appartiennent à la même espèce de potyvirus. Cinq groupes d'isolats ont ainsi été mis en évidence. Cette variabilité n'a pu être reliée ni à l'origine géographique des isolats, ni à l'espèce infectée. Ces travaux ont permis d'améliorer la qualité des outils de diagnostic du YMV. Le Lprc a mis au point un test sérologique basé sur l'utilisation d'anticorps monoclonaux et développé des amorces spécifiques du YMV pour la détection du virus par la technique Rt-Pcr.

**Abstract** — **Yam viruses: epidemiology and variability.** Yam (*Dioscorea* spp.) is an important crop in tropical diets. It is sensitive to many pathogens — viruses particularly — which in fact seriously impede its development. Vegetative propagation, insect transmission and uncontrolled introductions of infected germplasm have resulted in spreading viruses over different cropping areas. Yam Mosaic Virus (YMV) is one of the most important yam viruses. This paper presents studies undertaken by Orstom on disease etiology, its economic impact and epidemiological aspects. The most recent results deal with the varia-

bility of YMV, established on comparative results between 70 isolates from different yam producing areas, involving symptomatology on *Nicotiana benthamiana*, electrophoretic mobility of capsid proteins and detection by three monoclonal antibodies against YMV. Six groups of isolates were differentiated. The molecular study was based on the phylogenetic analysis of the capsid protein of the virus and of the 3' non-coding region. It was confirmed that the isolates under investigation were all strains of the same potyvirus, despite large molecular differences. Five groups of isolates were thus identified. The variability was associated neither to the geographical origin of the isolates, nor to the species infected, except for the isolates from yam of isolated regions not or little involved in international exchanges which may be related to the host or to the geographical origin (Pilimpikou yams, *trifida* yams from Guyana). These studies helped to improve the quality of detection of diagnostic tools of YMV: a serological test using monoclonals was set and specific YMV primers were developed for RT-PCR amplification. These diagnostic tools will play a major role for control methods based on sanitation and for the control of international exchange of germplasm.

## Introduction

En tant que culture vivrière, l'igname (*Dioscorea* spp.) joue un rôle important dans l'alimentation humaine en zone tropicale. Cette plante est sensible à de nombreux agents pathogènes et les virus constituent un important obstacle à son développement. Ils sont responsables de pertes de production (27 % de pertes pour *D. alata* dues au virus de la mosaïque de l'igname, THOUVENEL et DUMONT, 1990), de la disparition progressive de certaines espèces ou



cultivars dans les zones fortement infestées (*D. trifida* dans la Caraïbe) et sont des freins importants à l'échange de matériel végétal entre zones de production. La propagation de l'igname par voie végétative, la transmission des virus par des insectes vecteurs ainsi que les nombreuses introductions non contrôlées de matériel végétal infecté ont entraîné la dissémination des maladies à virus dans les différentes zones de culture.

La bibliographie fait état de nombreux virus, aussi bien sur les ignames alimentaires que médicinales, mais tous n'ont pas été caractérisés à ce jour. Ce document fait la synthèse des connaissances actuellement disponibles sur les virus des ignames, et développe plus particulièrement les aspects épidémiologiques de la mosaïque de l'igname, la variabilité immunologique et moléculaire du virus responsable, le yam mosaic virus (YMV).

## Les virus des ignames

### Les virus des ignames médicinales

Le virus latent de *Dioscorea* (*Dioscorea* latent potexvirus, Dlv) et le virus des bandes vertes de *Dioscorea* (*Dioscorea* greenbanding potyvirus, Dgbv) ont été décrits pour la première fois à Porto-Rico sur les espèces *D. floribunda* et *D. composita* utilisées à des fins pharmaceutiques. Le Dlv se caractérise par l'absence de symptômes sur la plupart des plantes hôtes inoculées mais provoque de faibles jaunissements sur les feuilles de *Philodendron selloum*. Il a pu être transmis mécaniquement à *N. megalosiphon* et *D. bulbifera*, mais pas à *D. alata* (PHILLIPS *et al.*, 1986). Le Dgbv a été trouvé en infection mixte avec le Dlv (HEARON *et al.*, 1978).

### Les virus des ignames alimentaires

De nombreux virus affectent les ignames alimentaires dans les différentes zones de production.

Ainsi, le virus de la mosaïque du concombre (Cmv) a été détecté dans la Caraïbe et en Afrique de l'Ouest sur *D. cayenensis-rotundata*, *D. alata* et *D. trifida* (MIGLIORI, 1977), mais ne semble pas responsable de dégâts sur ces cultures.

Le virus responsable des nécroses sur l'igname de Chine (ChYnmv), est un virus flexueux filamenteux de 660 nm de long et de 12 nm de diamètre ayant les caractéristiques du groupe des carlavirus. Il a été décrit sur *D. batatas* au Japon (FUKUMOTO et TOCHIHARA, 1978 ; SHIRAKO et EHARA, 1986) et

provoque des taches chlorotiques et nécrotiques sur les feuilles. Il est transmis par puceron (*Myzus persicae*, *Aphis gossypii*) selon le mode non persistant.

Le virus responsable des taches brunes internes (yam internal brown spot badnavirus ou *Dioscorea* bacilliform badnavirus, Dbv) a été observé pour la première fois à la Barbade dans des tubercules de *D. alata* présentant ces symptômes. Les pertes de rendement ont été estimées entre 29 et 41 % de la production (MANTELL et HAQUE, 1978, 1979a). La microscopie électronique a mis en évidence la présence d'un virus bacilliforme de 130 x 29 nm, souvent présent en infection mixte avec un virus filamenteux de 750 x 13 nm (HARRISON et ROBERTS, 1973). La maladie est transmise par voie végétative et aucun vecteur n'a été identifié (MANTELL et HAQUE, 1979b). Les mêmes symptômes ont été observés sur *D. alata* en Côte d'Ivoire (THOUVENEL *et al.*, 1988) ; dans ce cas, les particules bacilliformes n'ont pas été retrouvées mais des particules flexueuses filamenteuses de mêmes dimensions que celles observées à la Barbade ont été identifiées comme étant un isolat du yam mosaic potyvirus. La relation entre les symptômes et le virus filamenteux n'a pas été établie.

Plusieurs potyvirus ont été observés sur igname dans les différentes zones de production. Ils se caractérisent par la présence de symptômes de mosaïque sur les feuilles. Ces virus ont été décrits sous des noms différents : Yam mosaic virus (YMV), en Côte d'Ivoire (THOUVENEL et FAUQUET, 1979) ; *Dioscorea trifida* virus en Guadeloupe (MIGLIORI, 1977) ; *Dioscorea* green banding mosaic virus, Dgbmv, et *Dioscorea alata* ring mottle virus, DaRmv, au Togo (PORTH et NIENHAUS, 1983) ; *Dioscorea alata* virus et DaV, au Togo (RECKHAUS et NIENHAUS, 1981).

Les principaux travaux de caractérisation de ces virus (PORTH *et al.*, 1987) ont permis de clarifier en partie la situation :

- le *Dioscorea trifida* virus et le Dgbmv sont des souches de YMV ;
- le DaV est relié sérologiquement au virus de la mosaïque de l'igname mais en diffère par sa non-transmissibilité ;
- enfin, le DaRmv serait une « souche igname » du beet mosaic potyvirus transmissible sur *N. benthamiana*.

### Le virus de la mosaïque de l'igname YMV

Il a été identifié dans toutes les zones de production d'Afrique, de la Caraïbe, d'Amérique latine et de Nouvelle-Calédonie. Les symptômes de la maladie peuvent différer selon les espèces infectées et les conditions climatiques. Dans la plupart des cas, on observe des surcolorations nervaires, des mosaïques,

des cloques, et parfois un nanisme de la plante. Il infecte plusieurs espèces du genre *Dioscorea* : *D. cayenensis-rotundata*, *D. alata*, *D. trifida*, *D. esculenta*, *D. dumetorum*, *D. mangelotiana*, *D. togoensis*, *D. praehensilis*, *D. preussii*, *D. liebrechtsiana*. Ce virus peut être transmis mécaniquement à *N. benthamiana*, *N. clevelandii*, *N. megalosiphon*, et provoque des lésions locales chlorotiques sur les feuilles inoculées de *Chenopodium amaranticolor* (THOUVENEL et FAUQUET, 1986).

Les pertes de production ont été évaluées à 27 % sur *D. alata* en Côte d'Ivoire (THOUVENEL et DUMONT, 1990). La culture de *D. trifida* est actuellement en régression dans la zone caribéenne du fait de sa grande sensibilité à la maladie.

L'agent pathogène a été identifié par THOUVENEL et FAUQUET (1979). Il s'agit d'un virus flexueux filamenteux appartenant au groupe des potyvirus. Il mesure 785 x 13 nm, est transmis par puceron (*Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum maidis*, *Toxoptera citricidus*) sur le mode non persistant. Il est également propagé par voie végétative par les tubercules semences. La transmission par les graines n'a jamais été établie.

## Les virus identifiés dans la collection de vitroplants d'igname du Lrgapt-Orstom

L'indexation a été réalisée sur 92 échantillons appartenant à plusieurs espèces d'igname : *D. cayenensis-rotundata*, *D. alata*, *D. trifida*, *D. esculenta*, *D. bulbifera*, *D. dumetorum*, *D. mangelotiana*, *D. togoensis*, *D. praehensilis*, *D. shimperiana*. Ces échantillons proviennent de différentes régions d'Afrique, de la Caraïbe, d'Amérique du Sud et d'Asie. Quatre virus ont été recherchés par la technique Elisa : Pvx (potato virus X, potexvirus) Pvy (potato virus Y, potyvirus), Cmv (cucumber mosaic cucumovirus), et YMV. Les résultats sont rassemblés dans le tableau I.

Cette étude a permis de constater qu'il était possible de détecter dans différentes espèces d'igname des virus sérologiquement reliés au Pvx et au Pvy avec des fréquences presque aussi élevées que pour le YMV. Des travaux supplémentaires devraient être effectués pour caractériser précisément ces isolats de virus et vérifier leur importance respective en conditions naturelles.

**Tableau I.** Indexation de la collection d'igname de l'Orstom.

Résultat Elisa	Pvx	Pvy	Cmv	YMV
Positifs %	5,5	6,3	2,1	7,7
Négatifs %	94,5	93,7	97,9	92,3

Les chercheurs de l'Orstom ont largement contribué à préciser l'étiologie de la maladie de la mosaïque de l'igname, son importance économique, les aspects épidémiologiques et à la mise au point des premiers tests de détection. Le Lprc mène depuis 1991 des recherches sur la variabilité de l'agent pathogène et la mise au point de tests de diagnostic sérologiques et moléculaires ; le Lrgapt travaille sur la variabilité génétique des ignames tandis que l'Iltab cherche à développer des stratégies de résistance par transgénose.

## La mosaïque de l'igname : aspects épidémiologiques et variabilité du Yam mosaic virus

Suite à l'identification du YMV dans certaines zones de production, des études épidémiologiques ont été menées afin de connaître les facteurs responsables de la propagation de la maladie, d'une part, et, d'autre part, d'identifier des méthodes de lutte permettant de diminuer son incidence sur les cultures locales.

## Aspects épidémiologiques de la maladie en Afrique de l'Ouest et en Guadeloupe

Le taux de prévalence de la maladie est très variable selon la zone géographique et l'espèce. Tandis qu'en Côte d'Ivoire, la mosaïque de l'igname affecte les principales espèces cultivées (THOUVENEL et al., 1989), le virus a été détecté en Guadeloupe principalement sur 2 espèces (*D. trifida* et *D. cayenensis-rotundata*), fortement contaminées. L'espèce *D. alata* semble épargnée ; en effet, une enquête sérologique réalisée sur la collection de l'Inra Antilles-Guyane cultivée en zone de forte pression d'inoculum, a permis de détecter le virus uniquement dans 2 des 90 variétés testées (GOUDOU-SINHA, 1990).

Le taux de contamination décroît de 27 % dans le sud de la Côte d'Ivoire (zone à climat humide) à 6 % dans la région Nord au climat plus sec (THOUVENEL et al., 1989). Au Burkina Faso, l'estimation de l'importance de la maladie a été réalisée à partir des comptages de plants présentant des symptômes typiques de la mosaïque de l'igname et de tests sérologiques effectués sur feuilles ou sur tubercules.

Il en ressort que le virus est présent dans 2 des 3 zones de production. Environ 10 % des plantes sont contaminées dans la zone Sud-Ouest (région contiguë à la zone de production du nord de la Côte d'Ivoire). Le virus n'a jamais pu être détecté dans la

région Sud sur les mêmes espèces cultivées bien que certaines plantes présentaient des symptômes foliaires de mosaïque et de cloques (GOUDOU-URBINO *et al.*, 1996 a). L'hypothèse de la présence d'un virus autre que le YMV ou d'isolats de virus sérologiquement différents du YMV dans la région Sud est en cours de vérification au Lprc-orstom.

Dans la région Centre du pays (plaine du Pilimpikou), le YMV a été détecté dans tous les échantillons testés (220 échantillons, feuilles ou tubercules). La situation de la région Centre est particulière du fait de son isolement par rapport aux autres zones de culture d'igname (plus de 200 km), de la présence d'une unique variété (Igneame de Pilimpikou) adaptée aux conditions locales (courte saison des pluies, 600 mm de précipitations annuelles, sols hydromorphes à pseudogley). L'absence d'échange de semence avec les autres zones de production d'igname et l'utilisation année après année de tubercules infectés a conduit à l'infection quasi totale des plantes de ce cultivar.

Les symptômes dus à l'infection par le YMV peuvent varier selon les régions et les cultivars. Les observations effectuées en Afrique et dans la Caraïbe ont révélé que la présence de virus dans les plantes ne se traduisait pas systématiquement par la présence de symptômes ; d'autre part, il n'a pas été possible de détecter le YMV dans certaines plantes présentant des symptômes de cloques, de mosaïques ou de marbrures (THOTTHAPPILLY, 1983 ; THOUVENEL et FAUQUET, 1982 ; GOUDOU-URBINO, 1995).

Le suivi d'essais de contamination de plantes indemnes de YMV en conditions naturelles a montré que la propagation de la mosaïque de l'igname par les pucerons vecteurs était importante en Guadeloupe dans des zones à forte pression d'inoculum (GOUDOU-SINHA, 1990). En revanche, au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire, le faible taux de contamination de plants laisse supposer que les contaminations sont principalement dues à l'utilisation de tubercules semences infectés (THOUVENEL *et al.*, 1989, THOUVENEL et DUMONT, 1990 ; GOUDOU-URBINO, 1995).

## Variabilité immunologique et moléculaire des isolats de YMV

La variabilité des isolats de YMV a — dans un premier temps — été étudiée à partir d'une collection de 70 isolats de potyvirus d'igname provenant des différentes zones de production dans le monde et reconnus par les anticorps polyclonaux anti YMV. Ces isolats ont été récupérés à partir de la collection d'igname du Lrgapt de l'Orstom (Afrique de l'Ouest et du Centre), de prospections effectuées en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso, Bénin, Nigeria) et dans

la région Caraïbe (Guadeloupe, Guyane). Ils ont été comparés pour la mobilité électrophorétique des protéines de capsid et la reconnaissance par 3 anticorps monoclonaux dirigés contre le virus YMV.

Ensuite, 16 isolats représentatifs des différents groupes de YMV mis en évidence par GOUDOU-URBINO *et al.*, (1996b) ont été sélectionnés pour une caractérisation moléculaire (BOUSALEM *et al.*, 1995 ; 1997). Il proviennent de régions géographiques et d'espèces d'igname différentes. La protéine de capsid (Cp) et la région 3' non codante du génome du YMV (3' Ntr) ont été choisies comme marqueurs moléculaires du fait de leur intérêt taxinomique (SHUKLA *et al.*, 1994). Les régions choisies ont été amplifiées par Pcr et les fragments d'Adn ont été séquencés. Le séquençage direct des produits Pcr a été développé en routine pour la caractérisation moléculaire des isolats du YMV.

L'étude de la symptomatologie sur *N. benthamiana*, et de la mobilité électrophorétique des protéines de capsid des différents isolats a permis de mettre en évidence 6 groupes de variants (tableau II). Il n'a pas été possible d'établir de lien entre ces variants et l'origine géographique ou botanique des plantes étudiées (tableaux III). Seul le groupe F est restreint au cultivar « Igname de Pilimpikou ».

L'étude moléculaire a permis de constituer différents groupes phylogénétiques (BOUSALEM, 1997). L'analyse de la région centrale et de l'extrémité C-terminale de la Cp et de la 3' Ntr a permis de

**Tableau II.** Différents groupes d'isolats mis en évidence par la symptomatologie, la mobilité électrophorétique et l'immunologie.

Groupe	Surcoloration nervaire forte	Mobilité électrophorétique	Réaction avec le mab 15.3.3
A	-	1	+
B	-	2	+
C	+	3	+
D	-	3	+
E	-	4	+
F	-	4	-

**Tableau III.** Répartition des 6 groupes d'isolats de virus d'igname dans les espèces et les zones géographiques.

Espèces	Afrique de l'Ouest	Guadeloupe	Amérique du Sud
<i>D. cayensis-rotundata</i>	A, B, D	D, E	
<i>D. alata</i>	D	B, D	
<i>D. trifida</i>		B	B, C, D
Igneame de Pilimpikou	F		

distinguer 5 groupes présentant respectivement entre 89,4 à 98 % et 77,2 à 87,9 % de similarité intergroupe. L'analyse phylogénétique des séquences de la Cp, complète pour 4 isolats, montre des taux de similarités de 81 à 90,4 %. Une analyse comparative intégrant plusieurs potyvirus confirme que dans le cas du YMV, les 2 marqueurs utilisés sont très variables. Les 16 isolats analysés peuvent cependant être considérés comme des souches d'un même potyvirus tout en étant pour certains très éloignés.

La topologie des arbres phylogénétiques obtenus par cette analyse peut être considérée comme représentative de la variabilité couvrant l'ensemble du génome du YMV (ALEMAN *et al.*, 1996).

Une importante délétion (12 acides aminés) caractérise la région N-terminale des isolats infectant les ignames de Pilimpikou. GOUDOU-URBINO (1995) avait mentionné l'impossibilité de transmettre ces isolats par puceron aussi bien en condition de laboratoire qu'en conditions naturelles dans la plaine de Pilimpikou. La délétion observée pourrait être impliquée dans cette perte de transmission ainsi que dans les caractéristiques immunologiques et électrophorétique particulières des isolats de cette zone.

L'utilisation de 3 anticorps monoclonaux a permis de différencier le groupe (F) correspondant aux isolats infectant un cultivar particulier de *D. cayenensis-rotundata*, (l'igname de Pilimpikou dans la région centre du Burkina Faso) des autres isolats. Cette particularité pourrait s'expliquer par une spéciation liée à l'isolement géographique de cette culture. Des études restent à faire pour définir plus précisément la variabilité sérologique parmi les autres isolats de YMV.

Concernant la diversité du YMV au sein des espèces d'ignames, les isolats qui infectent les principales espèces cultivées ne constituent pas de groupe distinct. En revanche, les isolats infectant les ignames à culture restreinte peu ou pas impliquées dans des échanges inter-régionaux peuvent être corrélés avec l'hôte d'origine : ainsi, le groupe 1 rassemble les isolats infectant les *D. trifida* originaires de Guyane, tandis que le groupe 5, très éloigné correspond aux isolats récoltés sur l'igname de Pilimpikou (BOUSALEM *et al.*, 1997).

Il est difficile d'établir la répartition géographique de la diversité du YMV du fait des échanges non contrôlés de tubercules ; *D. cayenensis-rotundata* et *D. alata* ont notamment fait l'objet de nombreux échanges et introductions. Toutefois, une corrélation est possible pour les mêmes groupes 1 et 5 du fait de l'importance réduite et de l'isolement géographique de ces cultures.

Les études de variabilité sérologique et moléculaire ont été réalisées sur un nombre relativement restreint d'isolats étant donné la large répartition du YMV dans le monde. Les études moléculaires ont mis en évi-

dence une spéciation isolat-hôte d'origine pour deux groupes d'isolats et il serait intéressant d'étendre ce travail à des isolats d'origines géographiques et botaniques diverses.

## Les outils de diagnostic

Depuis 1980, le test Das-Elisa, utilisant des anticorps polyclonaux dirigés contre la protéine de capside du virus a été utilisé pour rechercher le virus dans les échantillons de feuille et de tubercule d'igname (THOUVENEL et FAUQUET, 1980). Depuis 1995, un test Elisa basé sur l'utilisation d'anticorps monoclonaux et plus sensible que le précédent a été développé par le Lprc-Orstom. Il est actuellement au point et a montré son efficacité à détecter des isolats de virus de différentes zones géographiques.

L'alignement des séquences nucléotidiques des différents isolats a permis de sélectionner des couples d'amorces spécifiques au YMV en tenant compte de la variabilité observée précédemment. La technique Rt/Pcr mise au point avec ces amorces est une excellente alternative au test immunoenzymatique actuellement utilisé.

## Les méthodes de contrôle de la maladie

La mise en place de méthodes permettant de diminuer l'incidence de la maladie est très importante pour des espèces telles que *D. trifida* sérieusement menacée par la mosaïque de l'igname dans la zone caraïbe et sud-américaine. La production de plants indemnes de virus et de nématodes est absolument nécessaire pour permettre les échanges de matériel végétal entre zones de production, échanges qui conditionnent le développement de programmes d'amélioration variétale des ignames cultivées.

Il n'existe actuellement aucune méthode de lutte en champ contre la mosaïque de l'igname. L'une des principales solutions réside dans la mise en place d'un programme de sanitation des plants de semence, associé à tout un ensemble de mesures préventives permettant d'éviter la contamination des plants sains.

Les principales techniques permettant d'obtenir des plants d'igname indemnes de viroses sont :

- la culture *in vitro* de méristème : elle a permis dans certains cas d'obtenir un clone non virosé pour une variété donnée (SALEIL *et al.*, 1990) ;
- la thermothérapie et/ou la chimiothérapie : associées à la culture de méristème, elles améliorent

l'éradication des virus dans les plantes (MALAURIE *et al.*, 1993) ;

– le passage par la graine issue de la reproduction sexuée : il est actuellement possible d'obtenir des plants indemnes de virus par germination de graine de *D. cayenensis-rotundata*, *D. trifida* ou sauvetage d'embryon (*D. alata*) ; cela permet la formation de nouveaux clones.

Un programme de sélection sanitaire et de multiplication des plants de semence basé sur le programme développé pour la production de plants de semence de pomme de terre indemnes de viroses pourrait être envisagé. La multiplication de matériel indemne de virus dans des zones à très faible pression d'inoculum permettrait le remplacement des ignames contaminées par des plantes saines. Cela nécessite la mise en place d'infrastructures administratives et scientifiques importantes et lourdes.

Les travaux de sélection génétique ont longtemps été freinés par la difficulté à multiplier certaines espèces par reproduction sexuée, les difficultés pour échanger du matériel végétal entre zones de production, le manque d'information concernant les maladies virales, et l'absence de test de détection très fiable. L'espèce *D. alata* est considérée comme relativement tolérante à la mosaïque de l'igname, mais le comportement des différentes variétés vis-à-vis de la maladie n'a pas été étudié.

## Conclusion

La production de l'igname est affectée par différents virus, notamment le yam mosaic virus présent dans toutes les zones de production. La variabilité immunologique et moléculaire de ce virus n'a pu être reliée ni à l'origine géographique des isolats, ni à l'espèce infectée, exception faite des isolats provenant des ignames des zones de culture restreinte peu ou pas impliquées dans les échanges internationaux (igname de Pilimpikou, *D. trifida* de Guyane) qui peut être corrélée à l'hôte d'origine et à l'origine géographique.

Ces travaux ont permis d'améliorer la qualité des outils de diagnostic du YMV qui vont jouer un rôle important dans le développement de méthodes de lutte. Ces dernières reposent essentiellement sur la sanitation du matériel végétal et dans le contrôle des échanges internationaux de matériel biologique.

## Références bibliographiques

- ALEMAN M.E., 1996. Caractérisation moléculaire, diversité génétique et contrôle du virus de la mosaïque de l'igname (YMV). Thèse ENSA, Montpellier, France, 138 p.
- ALEMAN M.E., GOUDOU-URBINO C., DUBERN J., FAUQUET C., 1996. Analysis of the sequence variations in the P1, HC, P3, NIb and CP regions of yam mosaic potyvirus isolates: implications for potyvirus intra-species molecular diversity. *J. of General Virology* 78: 1253-1264.
- BOUSALEM M., 1995. Mise au point d'outils immunologiques et moléculaires pour la détection et la caractérisation des potyvirus infectant l'igname. Caractérisation moléculaire préliminaire de l'isolat BFC56 du yam mosaic virus. Montpellier, France, Lprc-Orstom, 22 p. (document interne).
- BOUSALEM M., PINEL A., DUBERN J., FRUTOS R., FARGETTE D., 1997. Evaluation de la variabilité moléculaire du virus de la mosaïque de l'igname. Comptes rendus des 6<sup>e</sup> rencontres de virologie végétale. Aussois, France, 9-13 mars 1997. Strasbourg, France, Ecole thématique, délégation régionale Alsace du Cnrs, 72 p.
- FUKUMOTO F., TOCHIHARA H., 1978. Chinese yam necrotic mosaic virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 44 : 1-5.
- GOUDOU-SINHA C., 1990. Etude épidémiologique multilocale de la contamination de 3 espèces d'igname par le virus de la mosaïque de l'igname à la Guadeloupe. Mémoire d'ingénieur Esat, Cnearc, Montpellier, France, 48 p.
- GOUDOU-URBINO C., 1995. La mosaïque de l'igname : aspects épidémiologiques au Burkina Faso et variabilité du virus. Thèse d'université, physiologie. Université sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France, 120 p.
- GOUDOU-URBINO C., KONATE G., QUIOT J.B., DUBERN J., 1996a. Ecology and etiology of a yam mosaic disease in Burkina Faso. *Trop. Sc.* 36 : 34-40.
- GOUDOU-URBINO C., GIVORD L., KONATE G., BOEGLIN M., QUIOT J.B., DUBERN J., 1996b. Differentiation of yam viruses isolates by using symptomatology, western-blot and monoclonal antibodies. *J. Phytopathology* 144 : 235-240.
- HARRISON B.D., ROBERTS I.M., 1973. Association of virus like particles with internal brown spot of yam (*Dioscorea alata*). *Trop. Agriculture (Trinidad)* 50 : 335-340.
- HEARON S.S., CORBETT M.K., GILLASPIE Jr A.G., WATERWORTH H.E., 1978. Two flexuous-rod viruses in *Dioscorea floribunda* : symptoms, identification and ultra structure. *Phytopathology* 68 : 1137-1146.

- MALAUURIE B., PUNGU O., DUMONT R., TROUSLOT M.F., 1993. The creation of an *in vitro* germplasm collection of yam (*Dioscorea* spp.) for genetic resources preservation. *Euphytica* 65 : 113-122.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1978. Incidence of internal brown spot disease in White Lisbon (*D. alata*) during storage. *Experimental Agriculture* 14 : 167-172.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1979a. Disease free yams, their production, maintenance and performances. Caribbean Agricultural Research and Development Institute, Trinidad, yam virus Bull. 2.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1979b. Internal brown spot disease of Yams Caribbean Agricultural Research and Development Institute, Trinidad, Yam virus project, Bull. 3.
- MIGLIORI A., 1977. Maladies à virus de l'igname (*Dioscorea* spp.). *Nouvelles agronomiques Antilles-Guyane* 3 (3-4) : 428-435.
- PHILLIPS S., PIGOTT J.D.A., BRUNT A.A., 1986. Further evidence that *Dioscorea* latent virus is a potyvirus. *Ann. Appl. Biol.* 109 : 137-145.
- PORTH A., NIENHAUS F., 1983. *Dioscorea alata* ring motle virus, a new potyvirus in yam in Togo. *Zeit Pflanz. Pflanz.* 90 : 352-362.
- PORTH A., LESEMAN D.E., VETTEN H.J., 1987. Characterization of potyvirus isolates from West African yams (*Dioscorea* spp.). *J. Phytopathology* 120 : 160-183.
- RECKHAUS P., NIENHAUS F., 1981. Etiology of a virus disease of white yam *D. rotundata* in Togo. *J. plant disease and protection* 88 (8-9) : 492-509.
- SALEIL V., DEGRAS L., JONARD R., 1990. Obtention de plantes indemnes de la mosaïque de l'igname (YMV) par culture *in vitro* des apex de *Dioscorea trifida* L. *Agronomie* 10 : 605-615.
- SHIRAKO Y., EHARA Y., 1986. Rapid diagnosis of chinese yam necrotic mosaic virus by electroblot immunoassay. *Ann. phytopath. Soc. Japan* 52 : 453-459.
- SHUKLA D.D., WARD C.W., BRUNT A.A., 1994. The potyviridae. Wallingford, Grande-Bretagne, Cab International, 516 p.
- THOTTAPPILLY G., 1983. Annual Report, IITA, Ibadan, Nigeria.
- THOUVENEL J.C., FAUQUET C., 1979. Yam mosaic, a new potyvirus infecting *Dioscorea cayenensis* in the Ivory Coast. *Ann Appl. Biology* 93 : 279-283.
- THOUVENEL J.C., FAUQUET C., 1980. Utilisation de la technique Elisa dans le diagnostic de la mosaïque de l'igname. *Compte rendus de la 2<sup>e</sup> conférence internationale sur l'impact des maladies à virus sur le développement des pays africains et du Moyen Orient*. Nairobi, Kenya, 2-6 décembre 1980.
- THOUVENEL J.C., FAUQUET C., 1982. Les viroses de l'igname en Côte d'Ivoire. In *Yams, ignames*, MIEGE J. et LYONGA S.N., Eds. Oxford, Grande-Bretagne, Publication Clarendon Press, p. 245-282.
- THOUVENEL J.C., FAUQUET C., 1986. Yam mosaic virus. In *Description of plant viruses*, Cmi, Aab n° 314.
- THOUVENEL J.C., FARGETTE D., FAUQUET C., 1988. La maladie des taches brunes du tubercule d'igname en Côte d'Ivoire. *Comptes rendus du 7<sup>e</sup> symposium de l'International Society of Tropical Root Crops*. Gosier, Guadeloupe 1-6 juillet 1985.
- THOUVENEL J.C., BORG-OLIVIER O., DUMONT R., 1989. Epidemiology of Yam mosaic virus. Importance of aphid transmission. IV<sup>e</sup> colloque international sur l'épidémiologie des virus des plantes. Montpellier, 3-8 septembre 1989, p. 212-215.
- THOUVENEL J.C., DUMONT R., 1990. Pertes de rendement de l'igname infectée par le virus de la mosaïque de l'igname en Côte d'Ivoire. *L'Agronomie Tropicale* 45 (2) : 125-129.





# Physiologie et morphogenèse de l'igname (*Dioscorea* spp.)

C. ZINSOU

Inra des Antilles-Guyane, Urvp-physiologie et biochimie végétales, BP 515, 97165 Pointe-à-Pitre, Guadeloupe Cedex

Adresse actuelle : Covarev, université des Antilles-Guyane, campus de Fouillole, BP 250, 97157 Pointe-à-Pitre Cedex, Guadeloupe

**Résumé** — Cette revue bibliographique, sans vouloir être exhaustive, porte sur l'aspect descriptif, qualitatif et quantitatif de la physiologie de la plante et du couvert végétal de l'igname. Elle comporte trois parties. La première partie traite de la morphogenèse au cours des phénophases. Le rôle déterminant de la photopériode, composante principale de l'alternance des saisons, dans le pilotage des séquences du cycle de la plante a été souligné. La seconde partie s'intéresse aux acteurs de l'élaboration du rendement, feuille, couvert végétal et tubercule. Les relations entre les paramètres caractérisant le fonctionnement du végétal sont étudiées en fonction des facteurs de l'environnement. Les deux approches classique et fonctionnelle sont rapportées et discutées. Enfin, le point sur les relations source-puits a été fait et montre les interactions entre les deux partenaires lorsque la source est modifiée par action sur la lumière ou lorsque le développement du puits est entravé. La revue conclut sur les limitations physiologiques et quelques perspectives de recherche.

**Abstract** — **Physiology and morphogenesis of the yam, *Dioscorea* spp.** This bibliographical review, without being willing to be exhaustive, focuses on the descriptive, qualitative and quantitative aspects of the yam physiology. It comprises three parts. The first part deals with the morphogenesis through the phenophases of the plant. The determining role of the photoperiod, main component of the alternation of seasons, in the piloting of sequences of the plant cycle has been underlined. The second part is interested into actors of the yield elaboration (leaf, plant canopy and tuber). Relationships between parameters characterising the functioning of the plant were studied in function of environmental factors. The two approaches, classic and functional, used to apprehend the mechanisms of the yield elaboration are reported and discussed. Finally the point on the relationships source-sink has been made and shows mutual interactions between the two partners when the source is modified by action on the light or when the development of the sink is hindered. The review concludes on some physiological limitations and perspectives of research.

## Introduction

Cette bibliographie est consacrée essentiellement à la physiologie des espèces importantes sur le plan alimentaire à savoir *Dioscorea cayenensis-rotundata*, *D. alata* et *D. trifida*. Bien que toutes d'origine intertropicale, elles se sont adaptées à des aires géographiques différentes caractérisées essentiellement par leur climat.

Les données de la Fao rapportent une production mondiale en 1994 de  $28,13 \times 10^6$  t de tubercules d'ignames sur une superficie totale de  $2,93 \times 10^6$  ha, ce qui correspond à un rendement moyen en tubercules de 9,6 t/ha. Ce rendement moyen tient compte de la progression de l'ordre de 20 % survenue au cours des 15 dernières années. L'Afrique, avec le Nigeria, demeure le premier producteur mondial. Cette production alimentaire repose essentiellement sur : *D. alata* qui a conquis toutes les régions intertropicales des cinq continents ; *D. cayenensis* Lam., igname jaune ; *D. rotundata* Poir : igname blanche ; *D. bulbifera* ; igname à bulbilles ; *D. trifida* d'origine guyano-amazonienne.

Les rendements observés sur les espèces et cultivars sont très en deçà du rendement potentiel estimé entre 60 et 75 t/ha/an (MARTIN, 1972). Les principales contraintes sont liées à la plante et au milieu.

Les recherches qui ont été menées jusqu'ici ont un triple objectif :

– mieux connaître les mécanismes du pilotage de la croissance et du développement de l'igname en réponse aux sollicitations des facteurs du milieu ;

- étudier la dynamique de l'élaboration du rendement ;
- mieux comprendre les relations de transport d'assimilats de la partie aérienne (source) vers les tubercules (puits principal) de l'igname.

## **Les phénomènes du cycle de l'igname**

Le cycle végétatif de l'igname, constitué de phases phénologiques à durée variable selon les espèces et cultivars, est annuel et en phase avec l'alternance des saisons dans les régions intertropicales. MONTERO (1997) considère la phase de dormance comme phénophase et ajoute une cinquième phase à celles définies par FERGUSON (1977).

### **Phénophases et manifestations physiologiques**

#### **Phase I**

La phase I va de la maturité du tubercule jusqu'à la levée de dormance (environ 16 semaines). Le tubercule récolté ne germe pas. La durée de cette inaptitude à germer est appelée dormance du tubercule. Elle varie de 1 à 5 mois suivant les espèces. Les données biochimiques de HOUVET *et al.* (1982), étayées par des études anatomiques et morphogénétiques, montrent qu'il ne s'agit pas d'une véritable dormance mais plutôt d'un « repos végétatif » apparent, préparatoire à la germination. Plusieurs phénomènes se déroulent pendant ce repos végétatif.

La transpiration diminue et atteint son seuil minimal avec un taux de perte de matière sèche variable suivant les espèces. Ce phénomène a été décrit chez *D. alata* et *D. trifida* (DAUDET, 1980), sur *D. rotundata* (PASSAM et NOON, 1977). La composition glucidique évolue aussi pendant cette phase avec une augmentation des composés celluloseux intervenant dans toutes les espèces étudiées (KETIKU et OYE-NUGA, 1973 ; TRECHE et GUION, 1979). L'apparition de microprotubérances à la surface du tubercule caractérise la levée de dormance. La reprise des activités métaboliques mentionnées ci-dessus sous-tend un long processus morphogénétique conduisant à la germination.

#### **Phase II**

Elle correspond à la germination après la levée de dormance et se termine à l'apparition des premiers organes (8 semaines). La levée de dormance se caractérise par l'apparition de protubérances au niveau de

la tête. La vitesse de germination dépend de la taille du tubercule quelle que soit l'espèce (TRECHE et GUION, 1979 ; ONWUEME, 1973 ; DEGRAS et MATHURIN, 1975), de leur position sur le tubercule initial (MIEGE, 1957 ; GANGADHARA-RAO *et al.*, 1974 ; ONWUEME, 1975).

ONWUEME (1973) a rapporté, au cours de la germination de tubercules de *D. alata* et de *D. rotundata*, la formation « de novo » de bourgeons issus de massif de cellules amorphes, résultant du fonctionnement d'un méristème discontinu, situé dans le cortex externe du tubercule. Continuant et précisant les travaux de ONWUEME (1973), WICKHAM *et al.* (1980) montrent que la germination du tubercule est précédée de la formation d'un méristème primaire d'épaississement sous-cortical. Son développement conduit à un méristème apical racinaire et à un méristème caulinaire ou « méristème de germination ». Il émet au niveau du premier nœud les primordia des écailles des bourgeons, des cellules pro-cambiales et parenchymateuses. Les cellules pro-cambiales vont s'organiser en une protubérance qui sera à l'origine du nouveau tubercule. Cette structure est appelée complexe nodal primaire initial par analogie à la structure du même type décrit par FERGUSON (1972). MIEGE (1952) lui avait donné le nom de pré-tubercule. Selon WICKHAM *et al.*, (1980) la constance de l'apparition de ce complexe nodal initial semble indiquer le rôle prépondérant de cette structure à l'origine de la croissance et du développement de l'igname.

La phase du repos végétatif peut être écourtée par l'action des produits chimiques ou des facteurs de croissance : carbure de calcium (CAMPBELL *et al.*, 1962) ; éthéphon (MARTIN et CABANILLAS, 1976), chlorhydrate d'éthylène seul (CAMPBELL *et al.*, 1962a ; GREGORY, 1968), en association avec la thiourée (MARTIN et CABANILLAS, 1976) ou avec le tétrachlorure de carbone (MATHURIN et DEGRAS, 1980). L'effet inverse a été recherché, à savoir prolonger la durée de la dormance en utilisant des produits analogues : méthyl ester de l'Ana, (CAMPBELL *et al.*, 1962b) acide gibbérellique  $Ga_3$  (WICKHAM *et al.*, 1984 ; RAO et GEORGE, 1990 ; NNODU et ALOZIE (1992). L'abaissement de la température de stockage permet aussi de retarder la levée de dormance et la germination (RAO et GEORGE, 1990).

#### **Phase III**

Quelles que soient les espèces et l'origine de la plante : tubercule, graine, bouture de tige ou vitroplantule, la croissance et le développement se déroulent de la même façon dans les conditions naturelles. Les différents organes apparaissent, croissent suivant les

mêmes modalités. Ils sont aussi affectés par les mêmes facteurs : lumière, eau, pratiques culturales, etc.

#### PARTIES AÉRIENNES

Les tiges apparaissent rapidement lorsque la plantation est faite à partir de tubercules entiers. La première tige (tige principale) résulte du fonctionnement, chez toutes les espèces, du méristème caulinaire, du complexe nodal primaire. En cas de dominance apicale, elle croît seule pendant un certain temps, variable suivant les espèces, avant que n'apparaissent les premiers bourgeons axillaires. Les tiges principales ou secondaires présentent une courbe de croissance du type sigmoïde. Chaque rameau poursuit sa croissance jusqu'à une accumulation maximale de matière sèche (AHOUSOU *et al.*, 1980, LACOINTE, 1984, SOBULO, 1972 ; TROUSLOT, 1978). Après stabilisation, la courbe décroît avec l'apparition de la sénescence. Le nombre de tiges émises est limité et ne dépasse guère 3. Les plantes issues de tubercules ne commencent à produire des feuilles normales qu'entre la 8<sup>e</sup> et la 10<sup>e</sup> semaine après plantation. NJOKU *et al.* (1973) situent cet événement au moment de l'initiation du tubercule-fils. Le nombre de feuilles émises est très variable et dépend des pratiques culturales, avec ou sans tuteurs. L'émission des feuilles, le développement de la surface foliaire et leur matière sèche se poursuivent suivant une croissance de type exponentiel (figure 1).

#### PARTIES SOUTERRAINES

La partie souterraine est perçue essentiellement à travers le tubercule. Peu d'auteurs ont étudié les racines malgré leur rôle déterminant dans la nutrition et le développement de la plante. L'étude des racines d'une plante, issue de tubercule, montre que leur croissance maximale est atteinte chez *D. alata*, entre 4 et 5 mois, pour un cycle de neuf mois et pour une plantation effectuée entre avril et juillet (CAMPBELL

*et al.*, 1962a). Elle précède de 1 à 2 mois celle des parties aériennes (CAMPBELL, 1962a ; HAYNES *et al.*, 1967 ; CLAIRON et ZINSOU, 1980).

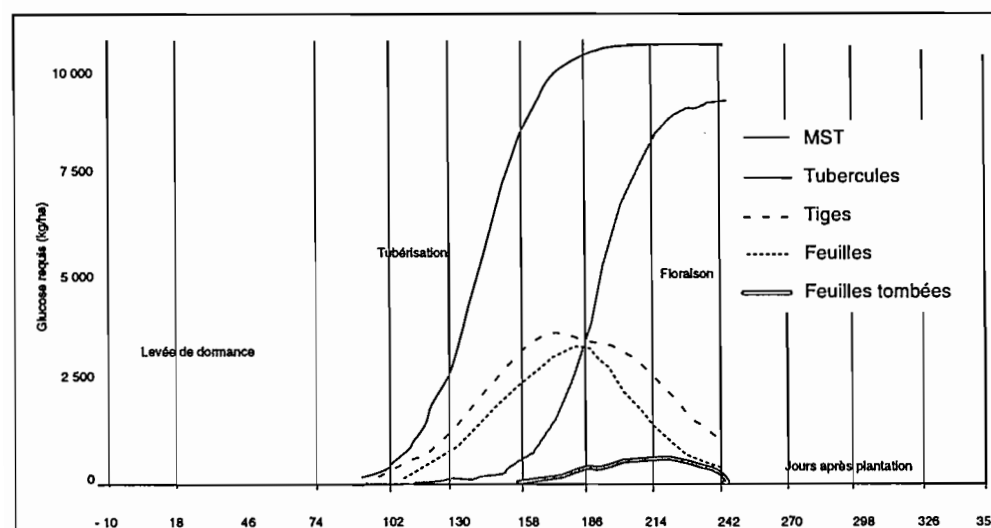
Pendant cette phase, une excroissance, en saillie, à partir du pré-tubercule ayant la forme d'un petit pois, est considérée comme l'initiation de la tubérisation chez *D. alata*, (VANDEVENNE, 1976). Chez *D. cayenensis-rotundata*, le processus démarre après l'éclatement du suber du pré-tubercule (TROUSLOT, 1978 et 1983). *D. trifida* et *D. esculenta* développent des axes tubérifères qui peuvent être échelonnés dans le temps (DEGRAS *et al.*, 1977). La croissance du tubercule est très lente.

#### Phase IV

Cette phase démarre avec l'entrée en compétition de la partie aérienne et du tubercule pour l'utilisation des assimilats. La durée de cette phase dite critique est estimée à 2 mois environ par TROUSLOT (1978) chez *D. cayenensis*. Ceci entraîne l'infléchissement des courbes de croissance des tiges et feuilles. Elles passent par un maximum entre le 5<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> mois après plantation chez *D. alata* (LACOINTE, 1984), et chez *D. rotundata* (SOBULO, 1972). Survient ensuite une amorce de décroissance avec une perte graduelle des feuilles et de leur matière sèche. La partie aérienne fonctionne alors exclusivement pour alimenter le tubercule. Quant au tubercule, il commence à se remplir activement suivant une loi de croissance exponentielle (figure 1).

#### Phase V

Les feuilles et les tiges continuent leur sénescence et commencent à se nécroser. Leur vitesse de croissance journalière devient négative. Celle du tubercule passe par un maximum avant de commencer à décroître à son tour. La croissance du tubercule atteint un plateau avec l'achèvement du stade feuillé. Au cours de



**Figure 1.** Les courbes de croissance de la plante entière et des différents organes au cours du cycle de l'igname *D. alata* cv Kabusah, obtenues par MONTERO (1997) à la suite des travaux sur l'analyse de croissance selon l'approche fonctionnelle. L'ordonnée, exprimée en glucose, représente le coût de synthèse de matière sèche rencontrée dans ces organes.

cette dernière phase, on peut voir apparaître la floraison sur les plantes florifères (figure 1).

## La durée du cycle végétatif à travers les plantations échelonnées

La modulation de la durée de chaque phénophase est sous la dépendance des facteurs génétiques, des facteurs climatiques et des itinéraires culturaux. Nous nous intéresserons ici essentiellement aux effets des facteurs climatiques. Le tubercule de l'igname est planté au champ en mars ou avril. En zone équatoriale de la Côte d'Ivoire, TROUSLOT (1978) a observé une stabilité de la durée du stade feuillé (autour de 215 j) mais une grande variation des durées des phénophases sur 4 variétés de *D. cayenensis-rotundata*. La même constatation est rapportée sur d'autres espèces plantées toujours en mars-avril. Lorsqu'on sort de ce schéma, en effectuant des plantations échelonnées hors saison, on met en évidence les effets du climat sur le cycle végétatif de l'igname. Les résultats suivants ont été rapportés sur des tubercules ou de vitroplantules de *D. alata* cv Lupias en Guadeloupe, 16° N (CLAIRON et ZINSOU, 1980 ; LACONTE, 1984 ; LACONTE et ZINSOU, 1987).

La durée du stade feuillé est conservée ou allongée (8-9 mois) pour les plantations de janvier à juin, fortement écourtée (< 6 mois) pour les plantations d'août à novembre.

Les plantations diffèrent par leur croissance et développement. L'analyse de croissance à travers l'évolution de la surface foliaire, de la matière sèche des parties aériennes ou du tubercule fournit des informations.

Quel que soit le paramètre pris en compte, on observe un effet très net de la date de plantation sur le développement maximal atteint (figure 1). L'effet se traduit par une réduction très importante du développement maximal de la partie aérienne et du tubercule

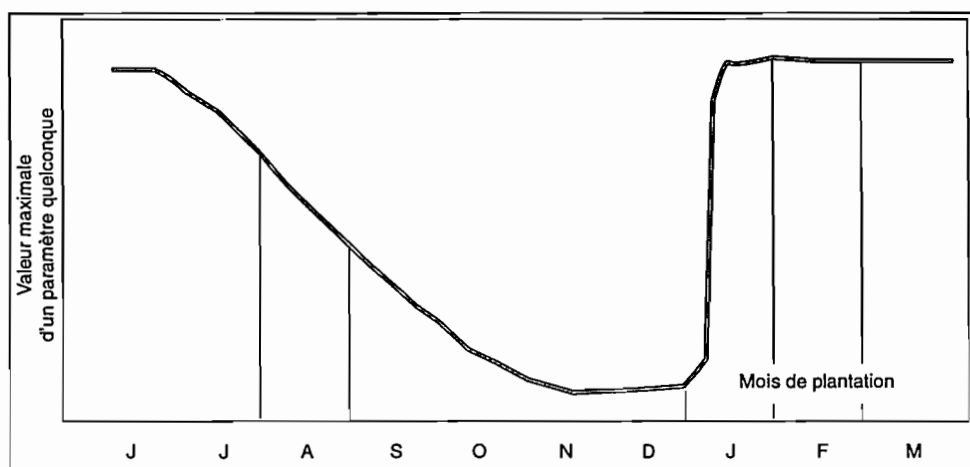
en conditions de jours courts décroissants. On peut en déduire que les plantations de janvier à avril ont les meilleurs rendements par rapport aux plantations de septembre à décembre (réduction drastique) (figure 2).

Le rapport de matière sèche de la partie aérienne sur la partie souterraine laisse apparaître, de mai à juillet, une croissance préférentielle de la partie aérienne, et d'août à mars une croissance prédominante du tubercule.

Les tubercules-fils issus des plantations d'août et de septembre ont une durée de dormance brève. Un échelonnement de 6 mois dans les plantations, à partir d'un lot de tubercules récoltés, conduit à un regroupement de la germination de tous les tubercules-fils entre 12 et 13 mois, déterminés par rapport à la levée de dormance du tubercule mère. Le cycle s'est donc ajusté de manière à replacer la germination des tubercules-fils à la saison favorable au démarrage de la végétation

Le paramètre déterminant identifié, en ce qui concerne *D. alata* cv Lupins, est essentiellement la photopériode, agissant au cours du cycle annuel de la plante par une succession de saisons favorables à la croissance aérienne (avril à juin) et de saisons activant le remplissage du tubercule (d'août à septembre).

On observe bien que le cycle de l'igname est annuel. Il est composé de phénophases qu'on rencontre chez tous les *Dioscoreaceae*, du moins celles que l'homme utilise pour en tirer des tubercules alimentaires. Ce cycle est en phase avec l'alternance des saisons qui pilote la durée de chaque phénophase en fonction des facteurs environnementaux, endogènes de chaque espèce, et pratiques culturales. Un désaisonnement de la culture rompt cet équilibre. Le facteur en cause est la photopériode dont l'importance croît avec la latitude. L'eau ou la saison des pluies peut être un facteur de calage du début du stade feuillé dans les zones où la photopériode varie peu. Le rôle



**Figure 2.** Effet de la date de plantation sur n'importe quelle valeur maximale caractérisant la croissance : matière sèche, surface foliaire, rendement en tubercule, etc., selon LACONTE (1984). Le facteur déterminant est la photopériode.

joué par l'eau est illustré par le cycle de *D. trifida*. Le cycle de cette igname en Guyane (aire d'origine) présente un décalage de 6 mois par rapport à son cycle en Guadeloupe, correspondant au décalage de 6 mois entre les saisons des pluies des deux régions. Les plants d'igname, transportés de Guyane en Guadeloupe, n'ont réalisé cet ajustement que graduellement après 3 à 4 ans de végétation dans leur nouvelle aire de culture.

## Elaboration du rendement chez l'igname

La production de la matière sèche dans le tubercule est l'objectif de la culture chez les plantes tubérifères. Plusieurs paramètres y contribuent et leurs acquisitions quantitatives permettent une analyse quantitative de la croissance. Les principaux paramètres susceptibles d'éclairer dans ce domaine sont : l'assimilation du  $\text{CO}_2$  au niveau de la feuille et du couvert végétal, l'indice foliaire (Lai) ; la durée de fonctionnement du couvert (Lad), l'accumulation de matière sèche et paramètres dérivés, etc.

### Les échanges gazeux de l'igname

L'estimation des échanges gazeux est effectuée soit au niveau de la feuille, soit au niveau du couvert végétal. Elle peut concerner l'assimilation du  $\text{CO}_2$  ou sa perte sous forme de respiration. Les études sont rares en zone tropicale faute d'équipements appropriés.

BHAGSARI (1988), à la suite de KPEGLO *et al.* (1982), a étudié la photosynthèse nette (Pn) de la feuille adulte de trois espèces alimentaires tropicales. *D. alata* a le plus faible Pn soit  $6,82 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ , comparé aux  $15,91 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$  du manioc et  $25,0$  de la patate douce.

Lorsque le rayonnement incident est saturant, le Pn observé sur *D. alata* cv Kabusah par MONTERO (1997) est  $13,1 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ , soit le double de la valeur rapportée par BHAGSARI en 1988. Il augmente avec l'âge de la feuille et atteint sa valeur maximale vers le 30<sup>e</sup> j, puis décroît linéairement pour s'annuler vers le 60<sup>e</sup> j. La décroissance de Pn est liée à l'augmentation de la résistance stomatique. La température et la transpiration de la feuille interviennent comme facteurs de modulation du Pn. MONTERO a estimé que l'efficacité photosynthétique optimale en lumière saturante se situerait autour de 14 °C et la performance peut être maintenue jusqu'à 24 °C. On peut conclure que ces conditions sont rarement rencontrées en région tropicale. Comme cela a été montré sur de nombreuses plantes, le Pn est toujours

un compromis entre l'entrée de  $\text{CO}_2$  et la perte d'eau par transpiration qui est fonction de la température de la feuille. La plante travaille rarement dans des conditions optimales.

La respiration de la feuille est un des paramètres importants puisqu'elle intervient dans le bilan de la matière sèche accumulée. Au cours de la vie de la feuille MONTERO (1997) distingue 4 phases mais trois pourraient suffire : jusqu'au 10<sup>e</sup> j, une respiration intense est associée à la construction de l'organe foliaire : du 10<sup>e</sup> au 30<sup>e</sup> j, la feuille fonctionne comme source, la respiration atteint un minimum ; puis la respiration redémarre liée à la sénescence et au vidage de la feuille.

Les études portant sur les échanges gazeux au niveau du couvert végétal sont rares sur les plantes tropicales. BHAGSARI (1988) indique une photosynthèse du couvert (CPn) de l'ordre de  $3,86 \text{ mol. CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$  pour *D. alata* et la patate douce, ce qui représente seulement 50 % de ce qui est rapporté pour le manioc.

Les auteurs, qui ont essayé de quantifier la perte de  $\text{CO}_2$ , distinguent habituellement la respiration métabolique (Rm) et la respiration de croissance (Rc). L'accès à ces informations est souvent difficile surtout chez les plantes de type C3 comme l'igname dont la photorespiration est aussi difficile à mesurer. Les bases biochimiques des différents processus sont connues, mais les pertes de  $\text{CO}_2$  sont difficiles à évaluer séparément, on s'accorde actuellement sur une perte par photorespiration de l'ordre de 15 à 30 % sur la totalité de  $\text{CO}_2$  assimilé pendant le cycle de la plante (PENNING de VRIES *et al.*, 1989). Le recouvrement excessif des feuilles rencontré habituellement chez l'igname accentue encore les pertes en gaz carbonique.

En fin de compte, la production de tubercule est le résultat, soumis à régulation du transport, des assimilats élaborés à la source (couvert végétal) vers les puits (tubercules). L'étude des interrelations entre la source et le puits est donc capitale, cela suppose l'élaboration de descripteurs pertinents du fonctionnement des partenaires. L'analyse quantitative de la croissance s'appuie sur leurs variations en réponse à celles des facteurs du milieu. Chez l'igname non florifère, le transport des assimilats vers le tubercule est unidirectionnel mais pas simple, car nous l'avons indiqué plus haut, l'établissement de la source n'est pas achevé avant le démarrage du grossissement du tubercule. La phase critique détermine la dynamique de croissance de la plante au cours de son cycle (FERGUSON, *et al.*, 1984). Les résultats des plantations échelonnées ont montré l'importance de cette phase critique qui est fortement influencée par la longueur du jour dans les conditions naturelles. Le démarrage précoce de cette phase introduit une réduction dramatique de la production de tubercules

(CLAIRON et ZINSOU, 1980 ; LACOINTE, 1984 ; LACOINTE et ZINSOU, 1987).

## Analyse de l'élaboration du rendement

### Approche classique

Cette approche a conduit au concept de l'indice foliaire, introduit par WATSON en 1947. Les descripteurs utilisés pour caractériser la croissance sont la matière sèche totale (Mst), l'indice foliaire (Lai : leaf area index), la durée de fonctionnement de la feuille (Lad : Leaf area duration). Les facteurs pris en compte sont : le temps, le rayonnement global (Rg) ou le rayonnement intercepté (Ri), la température (somme des températures) pour les plus importants.

L'indice foliaire a été souvent utilisé dans l'analyse de la croissance de la plante. Les auteurs ont rapporté des valeurs maximales très variables : 4,0 (CHAPMAN, 1965 à Trinidad), 7,4 (GOENAGA et IRIZARRY, 1994, à Puerto Rico) sur *D. alata* ; 8,5 (ENYI, 1972 au Sierra Leone) sur *D. esculenta* ; 1,4 (ONWUEME, 1978 au Nigeria), 2,53 (SOBULO, 1972 au Nigeria) sur *D. rotundata*, 7,2 (RODRIGUEZ, 1994 au Costa Rica) sur *D. trifida*. Le temps qui sépare la germination du Lai maximal est, aussi, très variable. MONTERO (1997) a suivi sur *D. alata* cv Kabusah, l'établissement du Lai en fonction de la densité de plantation et de la taille des semenceaux. Il observe que le Lai maximal de 3,0 est atteint quel que soit le traitement, au bout de 90 jours après plantation sur les plantes issues de gros semenceaux mais seulement au bout de 150 jours pour les petits semenceaux, confirmant ainsi les résultats d'ENYI (1972) sur *D. rotundata*. De nombreux auteurs ont trouvé une corrélation positive entre la matière sèche totale et le Lai maximal mais un Lai supérieur à 5 caractérise un recouvrement excessif des feuilles avec une efficacité photosynthétique faible et une accélération de la sénescence des feuilles (KASANAGA et MONSI, 1954 ; MONTERO, 1997).

La durée de la phase feuillée (Lad) est un paramètre important qui influe sur le rendement en tubercule.

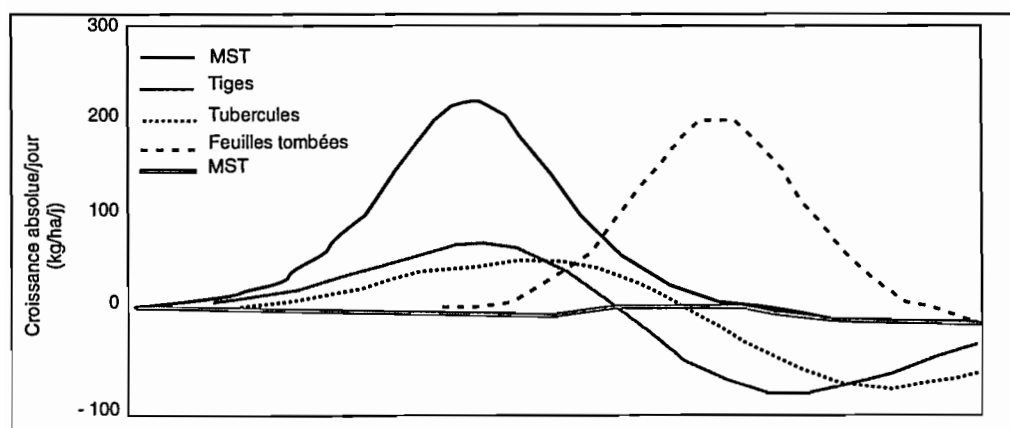
Plus la phase feuillée est courte, plus le rendement en tubercules est faible, ce qui est illustré par les résultats des plantations échelonnées. Un allongement du Lad est favorable à la production du tubercule. Une régression positive a été observée entre le rendement en tubercules et ce paramètre (ENYI, 1972).

L'efficacité du fonctionnement de la source est perçue à travers la production de matière sèche : Nar (Net assimilation rate) exprimée en g de ms/m<sup>2</sup> (surface foliaire) et par semaine. Sur l'ensemble du cycle, JIMENEZ et RODRIGUEZ (1994) calculent un Nar moyen de 1,1 avec une pointe de 50 g.de ms/m<sup>2</sup>/semaine vers 240 jours après la plantation sur *D. trifida* au Costa Rica. De nombreux autres paramètres ont été décrits et utilisés comme les rapports des matières sèches accumulées dans les organes, dans la mesure où leurs acquisitions ne requéraient pas des équipements sophistiqués.

### Approche fonctionnelle

Depuis quelques années, certains chercheurs proposent une approche fonctionnelle pour mieux analyser la croissance (HUNT, 1982 ; GUTSCHICK, 1987 cité par MONTERO, 1997). Le paramètre de croissance matière sèche, utilisé dans l'approche classique, est remplacé par son coût de synthèse, exprimé en g de glucose par gramme de produits formés ou de minéraux transportés (PENNING de VRIES *et al.*, 1989). Le coût en glucose (kg de glucose/ha) requis pour la formation de cette matière sèche, les paramètres dérivés comme croissance absolue journalière (Caj) et la croissance relative journalière (Crj) sont étudiés en fonction des facteurs : temps (t), somme du rayonnement photosynthétique actif intercepté par la plante (Rpai), et somme des températures moyennes : Tm. On peut tirer les informations suivantes :

- l'analyse montre que les courbes de croissance en fonction de t, de Rpai et de Tm ont la même allure probablement à cause des conditions climatiques peu variables conduisant aux relations :  $Tm = k_1 t$  et  $Rpai = k_2 t$  ;  $k_1$  et  $k_2$  étant des constantes (figure 1) ;
- la croissance absolue journalière (kg/ha/j) maximale de la plante coïncide avec la période des Cajmax des



**Figure 3.** Evolution de la croissance absolue journalière (Caj) des différents organes. Cajmax de la plante entière coïncide avec celles des feuilles et des tiges. Celle du tubercule intervient quand Caj des feuilles s'annule et devient négative selon MONTERO (1997).



feuilles, tiges + pétioles ; pour le(s) tubercule(s) la Cajmax est atteinte au moment où les Caj des feuilles et des tiges + pétioles s'annulent et deviennent négatives (figure 3) ;

– pour l'igname, MONTERO (1997) a montré que, lorsque la courbe de Crj s'annule et devient négative, cet événement coïncide avec l'arrêt du fonctionnement de la partie aérienne en tant que puits. Mais c'est aussi le début de la décroissance de Crj dans tous les autres tissus même dans le tubercule dont la Crj reste positive jusqu'à la fin du cycle ;

– il existe une forte corrélation entre la biomasse synthétisée et la somme des rayonnements interceptés malgré les variations des composantes du couvert végétal, feuilles ombrées, sénescence, chute (MONTERO, 1997).

MONTERO reconnaît que la lumière et la somme des températures apportent peu d'éléments d'explication sur la production du tubercule par rapport au temps. ENYI (1972) indiquait que le rendement en tubercules était déterminé par l'initiation et le remplissage. MILTHORPE (1963, cité par MONTERO, 1997) affirmait que la dérivée première de la courbe de croissance du tubercule (utilisée par MONTERO, 1997) donnait une idée de la vitesse de remplissage du tubercule. L'échec de la lumière et de la somme des températures à renseigner sur le remplissage du tubercule est lié au fait que l'initiation et le grossissement du tubercule sont sous le contrôle de facteurs endogènes, modulés par les facteurs de l'environnement et par les pratiques culturales. JIMENEZ et RODRIGUEZ (1992) ont montré qu'une fertilisation azotée trop importante retardait le grossissement des tubercules chez *D. trifida*. L'échec des désaisonnements de la production de tubercules par des plantations échelonnées en est aussi une illustration.

## Relations source-puits

Les relations source-puits sont très difficiles à appréhender car elles sont déterminées par les facteurs endogènes et exogènes, la capacité de la source à fabriquer et à distribuer les assimilats photosynthétiques, la force du puits souterrain, les compétitions entre les différents puits (NOSBERGER et HUMPHRIES, 1965) et les pratiques culturales (JIMENEZ et RODRIGUEZ, 1992).

Pour l'igname, la mise en place du tubercule est précoce et son remplissage entre en compétition avec l'établissement final de la source. La source et le puits sont interdépendants (EVANS, 1993). C'est l'équilibre qui s'instaure entre les tubercules et la partie aérienne qui est déterminant dans l'élaboration du rendement (ONWUEME, 1978 ; FERGUSON, 1980). Il est gouverné par l'alternance des saisons et par le photopé-

riodisme comme l'illustrent les plantations échelonnées (CLAIRON et ZINSOU, 1980 ; LACOINTE, 1984 ; LACOINTE et ZINSOU, 1987).

La modification de la source par ombrage diminue la matière sèche totale de la plante. Cette réduction affecte essentiellement la composante matière sèche des tubercules. L'ombrage réduit l'efficacité d'assimilation de la source (DALE, 1982, cité par MONTERO, 1997). Chez *D. alata*, cv Kabusah, en cas de réduction drastique du rayonnement incident, la taille de la source est conservée, la préférence d'attribution des photosynthétats et d'accumulation de la matière sèche est accordée à la partie aérienne (MONTERO 1997) comme il a été montré sur le manioc (COCK *et al.*, 1979).

Lorsqu'on réduit artificiellement la taille du puits (tubercule) en entravant son développement, l'activité photosynthétique et la transpiration de la plante sont abaissées (MONTERO, 1997). Dans ces conditions, certaines plantes acquièrent l'aptitude à former des bulbilles, qui constituent des puits relais chez *D. alata*, et qui selon FERGUSON (1977) prennent naissance quand la période de remplissage maximal est passée. En 1996, où la pluviométrie a été exceptionnelle aux Antilles, une production importante de bulbilles a été constatée sur *D. alata* cv Belep. Ceci laisse supposer que la force du puits (taille x activité) était inférieure à celle de la source.

## Conclusion générale et perspectives

De cette revue, il ressort, sur le plan physiologique, que le fonctionnement de l'igname recèle d'autres limitations qui s'ajoutent à celles mentionnées par COURSEY (1967) et qui expliquent ses faibles performances. Nous passerons en revue les plus importantes.

Quelle que soit l'espèce, les séquences de croissance qui édifient la source sont lentes et ne sont pas achevées avant le démarrage du remplissage du tubercule. Cette période critique est déterminante pour la production du tubercule. Plus cette compétition s'installe précocement (quelles qu'en soient les raisons : fonctionnement normal, effet des jours courts) plus faible est le rendement en tubercule.

L'équilibre entre la taille de la source d'une part, et les relations qui s'instaureront plus tard entre la source et les puits d'autre part, sont réglés par l'alternance des saisons dont la composante la plus importante est la photopériode. Ce facteur n'a pas retenu l'attention des chercheurs qui ont souvent utilisé les plages d'avril à juin pour planter les ignames.



Dans les conditions naturelles et avec les espèces et cultivars actuellement disponibles, une levée de dormance précoce pour allonger la durée de l'édification de la source, l'emploi de tuteurs pour améliorer l'efficacité du rayonnement photosynthétique intercepté et la fertilisation ont montré leurs limites : accroissement excessif de la partie aérienne, stockage et gaspillage des assimilats au niveau de la source, vieillissement prématuré des feuilles, etc.

Malgré l'importance de l'igname en tant que plante alimentaire, son faible rendement la situe encore au niveau des plantes sous-exploitées donc d'avenir. Elle mérite un élan de recherche international qui apporterait les moyens et les équipements nécessaires aux études permettant de comprendre les mécanismes impliqués dans les limitations.

Cependant, les informations actuellement disponibles doivent interpellier les généticiens pour ouvrir à nouveau les recherches sur la biologie de floraison-fructification, une des voies possibles, susceptibles de fournir à terme des plantes :

- ayant un fonctionnement moins régi par l'alternance des saisons ;
- produisant moins de tiges et de feuilles mais avec un Lai efficace ;
- dont la phase critique est courte ou absente.

Les physiologistes pourront apporter leur contribution en recherchant les facteurs qui influencent les flux de carbone vers les organes puits (tubercules et bulbilles) et en étudiant les mécanismes de la création de la « force des puits », élément fondamental dans les compétitions entre puits pour le carbone, les mécanismes de la régulation de l'accumulation du carbone dans les organes de réserve et enfin les étapes limitant de l'expression des enzymes impliquées dans le métabolisme du carbone.

## Références bibliographiques

AHOUSSOU N., TOURE B., PIQUEPAILLE P., 1980. Etude de la variabilité créée par la nature de l'organe de multiplication végétative chez *Dioscorea alata* cv. Brazzo fuerte. Séminaire international sur l'igname, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, 28 juillet-2 août 1980. Inra, les colloques de l'Inra, Paris, France, p. 191-205.

BHAGSARI A.S., 1988. Photosynthesis and stomatal conductance of selected root crops as related to leaf age. *Crop Sci.* 28 : 902-906.

CAMPBELL J.S., CHUKWUEKE V.O., TERIBA F.A., HO-A-SHU H.V.S., 1962a. Some physiological investigations into the White Lisbon yam (*Dioscorea alata*). II. Growth period and out-of-season production. *Empire J. Exper. Agric.* 30 : 232-238.

CAMPBELL J.S., CHUKWUEKE V.O., TERIBA F.A., HO-A-SHU H.V.S., 1962b. Some physiological investigations into the White Lisbon yam (*Dioscorea alata*). III. The effect of chemicals on storage. *Empire J. Exper. Agric.* 30 : 335-344.

CHAPMAN E.A., 1965. Some investigations into factors limiting yields of white Lisbon yam (*Dioscorea alata*) under Trinidad conditions. *Tropical Agriculture* 42 : 145-151.

CLAIRON M., ZINSOU C., 1980. Etudes de plantations d'igname *Dioscorea alata* cv « Lupias » : effet du vieillissement du tubercule sur la croissance et le développement de la plante. Séminaire international sur l'igname, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, 28 juillet-2 août 1980. Inra, les colloques de l'Inra, Paris, France, p. 125-141.

COCK J.H., FRANKLIN D., SANDOVAL G., JURI, P. 1979 The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Science* 19 : 271-279.

COURSEY D.G., 1967. Yams, an account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the *Dioscoreaceae*. Longmans, (Tropical Agriculture series), London, UK, 230 p.

DAUDET F.A., 1980. Appréciation des échanges gazeux (respiration et transpiration) au cours du grossissement et de la conservation du tubercule du tubercule d'igname. Séminaire international sur l'igname, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, 28 juillet-2 août 1980. Inra, les colloques de l'Inra, Paris, France, p. 57-62.

DEGRAS L., MATHURIN P., 1975. New results in yam multiplication. 13<sup>th</sup> Ann. Meeting CFCS, Trinidad, 9 p.

DEGRAS L., VAUTOR A., POITOUT R., ARNOLIN R., SUARD C., 1977. Croissance et développement de l'igname cousse couche (*Dioscorea trifida* L.) XIV<sup>th</sup> Annual Meeting Cfcs, 27 juin-2 juillet. Guadeloupe-Martinique.

ENYI B.A.C., 1972. Effect of seed size and spacing on growth and yield of lesser yam (*Dioscorea esculenta*). *J. Agric. Sci.* 78 : 215-225.

EVANS L.T. 1993. Crop, evolution adaptability and yield. University Press, Cambridge, UK, 500 p.

FERGUSON T.U., 1977. Tuber development in Yams. Physiological and agronomic implications. In Proceedings of the Third symposium of ITRC, 2-9 December 1973. LEAKEY C.L.A. (Ed.). IITA, Ibadan, Nigeria, p. 72-77.

FERGUSON T.U., 1972. The propagation of *Dioscorea* spp. by vine cuttings, a critical review. *Tropical Root Tuber Crop News* 5 : 4-7.

FERGUSON T.U., 1980. Agronomic aspects of yam production in the Commonwealth Caribbean. Séminaire international sur l'igname, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, 28 juillet-2 août 1980. Inra, les colloques de l'Inra, Paris, France.

- FERGUSON T.U., HAYNES P.H., SPENCE J.A., 1984. The effect of sett size, sett type and spacing on some aspects of growth, development and yield in White Lisbon Yam (*Dioscorea alata* L.). In 6<sup>th</sup> Symposium of IRTC 1983 Lima. Proceedings SHIELDER F.S. et RINCON H. (Eds.). CIP, Lima, Pérou, p. 649-655.
- GANGADARA-RAO G., BAMMI R., RANDHAWA G.S., 1974. Effect of storage of *Dioscorea floribunda* tubers on sprouting. Ind. J. Horticult. 31 : 366-369.
- GOENAGA R.J., IRIZARRY H., 1994. Accumulation and partitioning of dry matter in water yam. Agromony Journal 86 : 1083-1087.
- GREGORY L.E., 1968. Factors that influence the vegetative budding rootstock segments of *D. composita* and *D. floribunda*. J. Agric. Univ. Puerto Rico 3 : 155-163.
- HAYNES D., SPENCE J.A., WALTER C.J., 1967. The use of physiological studies in the agronomy of root crops. Proc. Int. Symp. Trop. Root Crops, University West Indies, St. Augustine, Trinidad, 2-8 April 1967. Edited by E.A. TAI, W.B. CHARLES, P.H. HAYNES, K.A. LESLIE. Vol. 1, p. 1-17.
- HOUVET D., DIOPH J., KETEKOU F.S. MARCHIS-MOUREN G., 1982. Caractérisation et évolution des activités amylasiques des tubercules germés et non germés d'igname. Physiol. Vég. 20 : 451-457.
- JIMENEZ J., RODRIGUEZ W., 1992. Efecto de la población y fertilización nitrogenada sobre la producción y crecimiento del yampi (*Dioscorea trifida*). Agronomía Costarricense 16 : 271-278.
- KASANAGA H., MONSI M. 1954. On the light transmission and its meaning for the production of matter in plant communities. Jpn J. Bot. 14 : 304-324.
- KETIKU A.O., OYENUGA V.A., 1973. Changes in the carbohydrates constituents of yam tuber *D. rotundata*, Poir during growth. J. Sci. Fd. Agric. 24 : 367-373.
- KPEGLO K.D., OBIGBESAN G.O., WILSON J.E., 1982. Physiological studies on the White Yam *Dioscorea rotundata* Poir. I. Influence of plant age and leaf position on photosynthesis and dark respiration. Beiträge trop. Landwirtsch. Veterinärmed 20 : 15-21.
- LACOINTE A., 1984. Quelques aspects du comportement d'une plante tubérifère tropicale (igname) issue de culture *in vitro*, en plantations échelonnées. Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, université de Clermont-Ferrand, France.
- LACOINTE A., ZINSOU C., 1987. Croissance et développement au champ de l'igname (*Dioscorea alata* L.) à partir des plants produits par culture *in vitro*. Agromonie 7 : 331-338.
- MARTIN F.W., 1972. Yam production. Methods. Department of Agriculture, Production Research Report, Washington, USA, n° 174, 17 p.
- MARTIN F.W., CABANILLAS E., 1976. Stimulating the sprouting of yam tubers with ethephon. J. Agric. Univ., Puerto Rico, 4 : 592-596.
- MATHURIN L., DEGRAS L., 1980. Essai d'avancement de la germination du tubercule d'igname (*Dioscorea* spp.) par un activateur à base d'éthylène chlorhydrine et de tétrachlorure de carbone. Séminaire international sur l'igname, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, 28 juillet-2 août 1980. Inra, les colloques de l'Inra, Paris, France, p. 167-178.
- MIEGE J. 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* d'Afrique occidentale. Thèse Sc. Nat. Paris, France, 266 p.
- MIEGE J., 1957. Influence de quelques caractères des tubercules-semences sur la levée et le rendement des ignames cultivées. J. Agric. Trop. Bot. appl. 4 : 315-342.
- MONTERO R.W., 1997. Crop physiology of the greater yam (*Dioscorea alata*). Verlag Ulrich E. Grauer Stuttgart.
- NJOKU E., OYOLU C., OKONKWO S.N.C., NWEKE F.I.O., 1973. The pattern of growth and development of *Dioscorea rotundata* Poir. Third Symposium on Tropical Root Crop. IITA, Ibadan, Nigeria, np.
- NNODU E.C., ALOZIE S.O., 1992. Using gibberellic acid to control sprouting of yam tubers. Trop. Agric. (Trinidad) 69 : 329-332.
- NOSBERGER J., HUMPHRIES E.C., 1965. The influence of removing tubers on dry matter production and net assimilation rate of potatoes tubers. Ann. Bot. 29 : 579-588.
- ONWUEME I.C., 1973. The sprouting process in yam (*Dioscorea* spp.) tuber pieces. J. Agric. Sci. 81 : 375-379.
- ONWUEME I.C. 1975. Influence of storage time on earliness of sprouting and tuberizing in *Dioscorea rotundata* yams. J. Agric. Sci. 84 : 503-505.
- ONWUEME I.C., 1978. Sett weight effect on time of tuber formation and tuber yield characteristics in water yam (*Dioscorea alata* L.). J. Agric. Sci. 91 : 317-319.
- PASSAM H.C., NOON R.A., 1977. Deterioration of yams and cassava during storage. Ann. Appl. Biol. 85 : 436-440.
- PENNING de VRIES F.W.T., JANSEN D.M., BERGETEN H.F.M., BAKEMA A., 1989. Simulation of eco-physiological processes of growth in several annual crops. Purdoc, Wageningen, Netherlands, 271 p. (cité par MONTERO, 1997).
- RAO M.M., GEORGE C., 1990. Studies to extend the dormancy of white yam (*Dioscorea alata* L.). Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 74 : 213-219.

- RODRIGUEZ W., 1994. Las raíces y tuberculos tropicales como alternativas de producción in Costa Rica. Boletín Técnico de la Estación experimental Fabio Baudrit 27 : 67-79.
- SOBULO R.A., 1972. Studies on White yam (*Dioscorea rotundata*) (Growth analysis). Expl. Agric. 8 : 99-106.
- TRECHE S., GUION P., 1979. Etudes des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. 2. Aptitude à la conservation des tubercules après maturité. L'Agronomie Tropicale 34 (2) : 138-146.
- TROUSLOT M.F., 1978. Croissance et tubérisation chez quatre cultivars du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. In Miège, J. et Lyonga S.N. (eds) Yams, ignames Clarendon Press, Oxford, 411 p. : 118-146.
- TROUSLOT M.F. 1983. Analyse de la croissance et morphogénèse de l'igname *Dioscorea*, complexe *D. cayenensis-rotundata*. Thèse de l'université de Clermont-Ferrand II, France.
- VANDEVENNE R., 1976. Etude de l'influence des dates de tubérisation et de bourgeonnement des tubercules d'ignames (*Dioscorea* spp) sur la date de levée au champ des semenceaux. L'Agronomie Tropicale 31 : 188-193.
- WATSON D.J., 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Ann. Bot. 11 : 41-47.
- WICKHAM L., WILSON L.A., PASSAM H.C., 1980. The anatomical origin of the primary nodal complex during vegetative propagation in yam (*Dioscorea* spp.) tubers. Séminaire international sur l'igname, Pointe-à-Pitre, 28 juillet-2 août 1980. Inra, les colloques de l'Inra, Paris, France, p. 179-184.
- WICKHAM L., WILSON L.A., PASSAM H.C., 1981. Tuber germination and early growth in four edible *Dioscorea* species. Ann. Bot. 47 : 87-95.
- WICKHAM L., WILSON L.A., PASSAM H.C., 1984. Dormancy response to post-harvest application of growth regulators in *Dioscorea* species. 2. Dormancy response in ware tubers of *Dioscorea alata* and *D. esculenta*. J. Agric. Sci. Camb. 102 : 433-436.

# Les maladies de l'igname (*Dioscorea* spp.)

G.-P. ZOHOURI

IDESSA, laboratoire de phytopathologie, BP 633, Bouaké 01, Côte d'Ivoire

**Résumé** — Dans cet exposé, nous passons en revue les principales maladies qui font obstacle à la production et à la conservation des ignames (*Dioscorea* spp.). Cette plante est attaquée par divers micro-organismes tels que les virus, les nématodes, les bactéries et les champignons. Parmi les affections occasionnées par ces pathogènes, les plus dommageables sont la virose de la mosaïque de l'igname, les anomalies (galles, déformations et boursouflures) des tubercules dues aux nématodes *Meloidogyne* sp., *Scutellonema bradys*, le syndrome du flétrissement au champ, causé par plusieurs champignons dont *Colletotrichum* sp., *Cercospora* sp., *Fusarium* sp., *Corticium rolfsii* et *Rhizoctonia* sp., et enfin, les pourritures de tubercules résultant des attaques cryptogamiques (*Penicillium* sp., *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium* sp.) et bactériennes (*Corynebacterium* sp., *Serratia* sp. et *Erwinia* sp.). Diverses méthodes se rapportant essentiellement aux techniques culturales, à la protection chimique, à l'utilisation de variétés résistantes, permettent une gestion intégrée de la lutte contre ces maladies.

**Abstract** — The diseases of yam (*Dioscorea* spp.). This presentation examines the main diseases which hinder yam production and conservation (*Dioscorea* spp.). This plant is the prey of many micro-organisms, such as viruses, nematodes, bacteria and fungi. Among the disorders stemming from these pathogens, the most damaging are the Yam Mosaic Virus, tuber abnormalities (skin scales, malformations and swelling) caused by *Meloidogyne* sp. and *Scutellonema bradys* nematodes, the syndrome of withering in the field caused by several fungi, among which *Colletotrichum* sp., *Cercospora* sp., *Fusarium* sp., *Corticium rolfsii* and *Rhizoctonia* sp., and finally, tuber rot resulting from fungal (*Penicillium* sp., *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium* sp.) and bacterial (*Corynebacterium* sp., *Serratia* sp. and *Erwinia* sp.) infestations during storage. The integrated

management of these diseases involves several methods, essentially related to cultural practices, chemical protection and use of resistant varieties.

## Introduction

L'igname (*Dioscorea* spp.) est une plante herbacée à tubercules et à port lianescent ; elle est cultivée dans les régions tropicales, notamment dans le Sud-Est asiatique, en Amérique centrale, dans les Caraïbes et surtout en Afrique de l'Ouest, où environ 95 % de la production mondiale est réalisée (Rapport FAO cité par AKORODA, 1995). Parmi les espèces cultivées dans le monde, le complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* et *D. alata* joue un rôle essentiel dans l'économie et dans l'alimentation de nombreuses populations agricoles.

Le mode de multiplication de l'igname est particulièrement favorable à la diffusion et au développement des maladies. Celles-ci constituent l'une des contraintes à sa production (IITA, 1981 et 1992) que le système de culture traditionnel (petites parcelles, culture itinérante sur défriche de forêt ou de savane, longue jachère, etc.) permettait toutefois de contenir. Mais, actuellement, la réduction du temps de jachère et le phénomène de la sédentarisation de la culture liés à la pression démographique, tendent à accroître sensiblement leur incidence. Par ailleurs, la mise en place de monocultures intensives sur de grandes surfaces risque de les aggraver.

Les connaissances disponibles sur l'état sanitaire des ignames indiquent une pathologie très variée puisque l'on trouve sur cette plante de nombreux micro-organismes pathogènes. Cet exposé présente succinctement les pro-

blèmes pathologiques majeurs, aussi bien en culture que pendant la conservation des tubercules, occasionnés par les virus, les nématodes, les bactéries et surtout les champignons.

## **Les maladies des ignames en culture**

### **Les maladies virales**

Les viroses de l'igname sont nombreuses et souvent mal connues ; l'une des plus fréquentes et considérée comme la principale maladie virale de l'igname en Afrique et dans les Caraïbes (FAUQUET et THOUVENEL, 1979 ; ROSSEL et THOTTAPPILLY, 1985), est la mosaïque de l'igname (*Yam mosaic*). Cette maladie est causée par un potyvirus transmissible par le tubercule et le puceron *Aphis gossypii*. Elle provoque des symptômes (chlorose, malformation, distorsion, etc.) très variables en fonction des cultivars et de l'état physiologique de la plante. Les dégâts de mosaïque sont réputés plus graves sur *D. cayenensis*, mais ils peuvent également entraîner des pertes de rendements chez *D. alata*, comme chez la variété Florido qui subit, en Côte d'Ivoire, un taux de pertes de 27 % (THOUVENEL et DUMONT, 1990).

D'autres attaques de virus sont signalées sur l'igname, mais généralement, elles ne sont pas caractérisées avec précision (ROSSEL et THOTTAPPILLY, 1985). Citons l'exemple de la maladie des points noirs (*Internal Brown Spot* ou IBS) des tubercules de *D. alata*, qui serait associée à une infection virale (HARRISON et ROBERTS, 1973), mais dont l'étiologie semble plutôt mal définie. Du fait de la multiplication végétative, toutes ces maladies virales sont multipliées à chaque culture et certains cultivars totalement virosés peuvent disparaître. Leur incidence constitue donc une menace pour la culture de l'igname, nécessitant le développement de méthodes de protection sanitaires et surtout l'utilisation de variétés résistantes. Par ailleurs, il importe de favoriser les échanges et introductions de matériel végétal sous forme de cultures *in vitro*, qui peuvent garantir le maintien de collections propres.

### **Les maladies causées par les nématodes**

Les nématodes sont à l'origine de dégâts importants sur les plants et les tubercules de l'igname. Les attaques les plus fréquemment observées sont causées par *Meloigogyne* sp. et *Scutellonema bradys*. Le premier affecte principalement les racines, entraînant un ralentissement de la croissance et une baisse de rendement de l'igname au champ, tandis que le second est beaucoup plus présent sur les tubercules en stockage (HAHN, 1993). D'autres nématodes (*Pratylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp., *Aphelenchoides* sp., etc.) parasitent également les racines, les tubercules et les feuilles de l'igname, mais leur incidence est relativement faible (RICCI et al., 1979 ; MIGNUCCI et al., 1988 ; IITA, 1995).

Les anomalies (déformations, galles et boursoufflures), occasionnées par les nématodes, déprécient fortement les qua-

lités marchandes des ignames ; leur localisation dans les assises corticales entraîne aussi des pertes à l'épluchage des tubercules de consommation. Par ailleurs, les lésions de nématodes peuvent contribuer au passage des champignons et des bactéries dans les tubercules ; il en résulte généralement des pertes énormes en stockage, estimées entre 80 et 100 % au Nigeria (ADESIYAN et ODIHIRIN, 1978). Les cultures continues et les semenciers contaminés étant les principales sources d'infection par les nématodes, les méthodes de lutte appropriées sont la culture de l'igname en rotation avec des plantes de couverture et l'emploi de variétés résistantes. Les traitements nématicides et la désinfection des tubercules avec de l'eau chaude à 45-55 °C, pendant 40 min, sont également recommandés (HAHN, 1984 ; IITA, 1995).

### **Les maladies cryptogamiques**

Un problème majeur de la culture de l'igname est l'existence de maladies fongiques qui affectent les différents organes de la plante. Malgré la diversité des symptômes, le principal syndrome se caractérise par un noircissement et une nécrose plus ou moins brutale des feuilles et des tiges, aboutissant au flétrissement partiel ou total de la plante. Cette maladie est connue dans le monde sous des noms variés (flétrissement, *Apollo disease*, *die-back*, *scorch*, foudre, *lightning*, etc.) ; elle a été décrite de diverses manières par plusieurs auteurs (BAUDIN, 1956 ; COURSEY, 1967 ; IITA, 1981 ; JACKSON et al., 1980 ; NOTTEGHEM et DUMONT, 1985 ; TORIBIO et al., 1980 ; NWANKITI, 1982 ; NICOLE et al., 1990) dans toutes les zones de culture de l'igname, et peut occasionner d'importantes pertes de rendement si les conditions climatiques sont favorables au développement des épidémies et si la variété est sensible. Ces pertes sont évaluées de 80 à 100 % aux Antilles (CLAIRON et ALPHONSE, 1978 ; TORIBIO et JACQUA, 1978), de 30 à 70 % au Nigeria (NWANKITI, 1982) et de 39 à 45 % en Côte d'Ivoire (NOTTEGHEM et DUMONT, 1985). La maladie est signalée également comme importante dans les Iles Fidji et Salomon, en Guyane, à Puerto Rico et en Asie.

L'étiologie du flétrissement est complexe ; il est généralement associé à un nombre variable de complexes cryptogamiques ayant tous en commun la participation de l'agent causal de l'anthracnose (*Colletotrichum* sp.). Parmi les nombreux autres champignons recensés sur l'igname (tableau I), beaucoup apparaissent comme des taches foliaires mineures. Seules les attaques apparaissant isolément ou en conjonction avec l'anthracnose, la cercosporiose, la fusariose, *Corticium rolfsii* et *Rhizoctonia* sp. ont été rapportées comme ayant une incidence économique importante (TORIBIO et al., 1980 ; MIGNUCCI et al., 1988 ; NANDRIS et al., 1989).

L'anthracnose est causée par *Colletotrichum gloeosporioides*, forme conidienne du champignon capable de produire des composés toxiques impliqués dans la pathogénie et qui paraît plus agressive que la forme sexuée *Glomerella cingulata* (AHOUSOU, 1989). Les symptômes qu'il développe sont très variables : nombreux petits points noirs, taches circulaires brun-jaune entourées d'un halo plus clair, taches étoilées le long des nervures, plages nécrotiques sur

les tiges, etc. L'évolution de ces lésions dépend très largement des cultivars, ceux appartenant à l'espèce *D. alata* étant considérés comme les plus sensibles à la maladie, et aussi des conditions environnementales telles que l'écologie, le sol et la pluviométrie (BAUDIN, 1956).

### L'anthracnose

L'anthracnose de l'igname peut se transmettre par les débris contaminés de culture et par le tubercule semence ; la biologie des attaques de *Colletotrichum* se complique souvent par ses interactions avec divers agents secondaires tels que *Rhizoctonia* sp., *B. theobromae*, *Pestalotiopsis* sp. *Fusarium* sp., etc. (JACKSON et NEWHOOK, 1978 ; BAUDIN, 1956 ; NWANKITI et ARENE, 1978). Les symptômes de la maladie sont également associés à *Colletotrichum capsici* (TORIBIO et al., 1980 ; NANDRIS et al., 1989).

### La cercosporiose

Cette maladie de l'igname est caractérisée par l'apparition de macules foliaires plus ou moins larges, limitées par les nervures et de couleur brun sombre avec un halo plus clair. Les fructifications abondantes du champignon sont visibles sur la face inférieure des feuilles. Les attaques graves de cette maladie se traduisent souvent par un jaunissement généralisé du feuillage. Un complexe de *Cercospora* sp. a été décrit dans le monde sur l'igname (PONS et SUTTON, 1988) ; parmi les espèces communes *C. ubi*, *C. contraria*, *C. dioscoreae*, *C. carbonacea* et *C. apii* sont les plus citées et paraissent, pour la plupart, sans conséquences graves sur *D. alata*, *D. cayenensis-rotundata* et *D. dumetorum* (MES-SIAEN, 1975 ; NWANKITI et ARENE, 1978). En Côte d'Ivoire, la cercosporiose est souvent amplifiée par la participation de *Colletotrichum* sp., ce qui confère à la maladie un rôle important dans le flétrissement des *D. alata* dans ce pays (NICOLE et al., 1990).

**Tableau 1.** Liste des champignons isolés sur l'igname (*Dioscorea* spp.) en Guadeloupe (TORIBIO et al., 1980), à Puerto Rico (MIGNUCCI et al., 1988) et en Côte d'Ivoire (NICOLE et al., 1990).

Champignons	Distributions géographique		
	Guadeloupe	Puerto Rico	Côte-d'Ivoire
<i>Alternaria</i> sp.	+		+
<i>Ascochyta</i> sp.		+	
<i>Botryodiplodia theobromae</i>	+	+	+
<i>Cercospora</i> sp.(*)	+	+	+
<i>Choanephora cucurbitarum</i>	+		
<i>Cladosporium</i> sp.	+		
<i>Colletotrichum capsici</i> (*)	+	+	
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (*)	+	+	+
<i>Corticium rolfsii</i> (*)	+	++	
<i>Corynespora cassiicola</i>	+	+	
<i>Curvularia</i> sp.	+	+	+
<i>Diplodia</i> sp.	+		
<i>Fusarium</i> sp.	+	+	+
<i>F. oxysporum</i> (*)	+		
<i>Glomerella cingulata</i> (*)	+	++	
<i>Helminthosporium</i> sp.	++		
<i>Heterosporium luci</i>	+	+	
<i>Illosporium</i> sp.	++		
<i>Macrophomina phaseoli</i>	+		
<i>Monochaetia</i> sp.	+		
<i>Mycosphaerella dioscoreicola</i>	+		
<i>Periconia</i> sp.		+	
<i>Pestalotiopsis cruenta</i>	+	+	
<i>Phoma</i> sp.	+		
<i>Phomopsis</i> sp.	+		
<i>Phyllosticta</i> sp(*)	+	+	+
<i>Pythium</i> sp.	+		
<i>Rhizoctonia</i> sp.(*)		+	+
<i>Sphaeropsis</i> sp.		+	
<i>Stachybotrys</i> sp.		+	
<i>Stemphyllium</i> sp.	+		
<i>Vermicularia</i> sp.	+		

(\*) champignons majeurs

## La fusariose

La fusariose de l'igname est une très grave maladie de l'igname en raison de la généralisation rapide du flétrissement de la plante et la persistance de l'inoculum du pathogène dans le sol et les débris de cultures. L'agent causal de cette affection, *Fusarium oxysporum*, a été décrit pour la première fois au Nigeria (NWANKITI et NWANEBU, 1977 cités par DEGRAS, 1986) où elle semblait strictement localisée. Mais la fusariose vasculaire sévit également à Puerto Rico, de même qu'un chancre à la base des tiges de *D. rotundata*, responsable d'environ 15 % de mort des plants d'igname au champ (MIGNUCCI *et al.*, 1988). Ces deux maladies semblent causées par deux races différentes du *F. oxysporum* et peuvent se transmettre par les tubercules.

## Le champignon *Corticium rolfsii*

Il est à l'origine de taches brunes à centre clair présentant une alternance de zones concentriques claires et sombres. Il est facilement identifiable sur le terrain par un mycélium blanc et des sclérotés. Ce champignon peut également attaquer le collet et entraîner un flétrissement généralisé et la mort de la plante (NWANKITI et ARENE, 1978 ; NANDRIS *et al.*, 1989). Les attaques les plus accentuées de *C. rolfsii* s'observent souvent dans les parcelles non tuteurées, car les feuilles en contact avec le sol constituent une importante source d'inoculum. La persistance de la maladie dans le sol est le fait des sclérotés qui peuvent s'y conserver jusqu'à la culture suivante. Les ignames *D. alata* et *D. bulbifera* sont sensibles à la maladie, mais le complexe *D. cayensis-rotundata* n'est pas épargné (BAUDIN, 1956 ; NANDRIS *et al.*, 1989). Il est important de souligner l'implication de nombreux parasites secondaires tels que *Fusarium solani*, *F. scirpi* et *B. theobromae* dans les attaques de *C. rolfsii* (BAUDIN, 1956). En Guadeloupe, il est même mentionné *C. gloeosporioides*, ainsi que *Alternaria* sp., *Curvularia* sp. et *Fusarium* sp. (TORIBIO *et al.*, 1980).

*Rhizoctonia* sp. a été récemment signalé sur l'igname en Côte d'Ivoire (NANDRIS *et al.*, 1989) ; les symptômes qui lui sont imputables se caractérisent, sur les feuilles de base, soit par des taches brunes qui évoluent souvent en nécroses verdâtres, soit par des taches allongées le long des nervures et bordées de noir. Dans tous les cas, les feuilles se décomposent et pourrissent. Le champignon provoque également des nécroses des tiges au niveau du collet. En Guadeloupe (DEGRAS, 1986), les attaques de *Rhizoctonia solani* sont également responsables du brunissement des limbes des secteurs importants du feuillage proche ou au contact du sol. Les sclérotés brunâtres et l'absence de mycélium en distinguent les symptômes de ceux de *C. rolfsii*. Par temps humide, et chez des cultivars peu adaptés à la culture sans tuteur, ses dégâts peuvent être localement significatifs. Enfin, aux Iles Salomon, JACKSON et NEWHOOK (1978) ont trouvé *R. solani*, associé à l'anthracnose due à *C. gloeosporioides*, qu'il aggraverait en affectant des régions basales des tiges, les racines et même les tubercules.

Les stratégies de lutte contre ces maladies fongiques de l'igname en culture requièrent une gamme de pratiques intégrant la lutte chimique, l'utilisation de variétés résistantes, et les techniques culturales.

## Lutte chimique

Diverses expérimentations ont prouvé la possibilité de réduire significativement le développement et les conséquences des attaques du flétrissement, et particulièrement de l'anthracnose de l'igname, avec des matières actives telles que le benomyl, le mancozèbe, le chlorothalonil, le captafol, etc. (MIGNUCCI *et al.*, 1988 ; PALCY *et al.*, 1988). Il en résulte généralement un gain de rendement appréciable (MIGNUCCI *et al.*, 1981 cités par DEGRAS, 1986 ; NOTTEGHEM et DUMONT, 1985 ; ZOHOURI *et al.*, 1994). Cependant, malgré son efficacité, la lutte chimique est jugée non économique pour la culture de l'igname (JACKSON et NEWHOOK, 1978 ; NWANKITI et ARENE, 1986), en raison des problèmes de coût d'exploitation, des contraintes techniques et des risques d'accoutumance qui peuvent résulter du nombre élevé d'interventions sanitaires souvent préconisées par cycle cultural. Les tests de rentabilité des fongicides sont donc à approfondir, dans le même sens que PALCY *et al.*, (1988), qui ont essayé de concevoir un système d'avertissement agricole qui, s'il était amélioré, permettrait de limiter à trois ou quatre les applications foliaires par campagne agricole.

La chimiothérapie est également utilisée contre la transmission des maladies fongiques par les tubercules. Ainsi, même en l'absence de parasitisme fongique important, certaines pratiques considèrent utiles les traitements systématiques de semences avec diverses combinaisons de benomyl, de captane et de thiabendazole (MIGNUCCI *et al.*, 1981 cités par DEGRAS, 1986 ; PALCY *et al.*, 1988). Mais, comme précédemment, les inconvénients dus aux pesticides demeurent inchangés.

## Résistance variétale

Un problème essentiel de l'amélioration de l'igname est la difficulté de réaliser la sélection sexuée. L'hybridation est en effet très difficile à cause de la stérilité naturelle de certaines ignames, ou la floraison irrégulière d'autres cultivars, d'où le recours, en général, à la variabilité naturelle des différents types d'ignames à travers un processus de sélection judicieuse des plants. Ainsi, de nombreuses variétés, proposées à une diffusion générale à partir de Puerto Rico, ont confirmé leur bon comportement, en particulier à l'égard des maladies, en Guadeloupe, en Côte d'Ivoire, au Nigeria et dans les Iles océaniques (DEGRAS, 1986). Soulignons que la variété Florido, hautement sensible à l'anthracnose à Puerto Rico (tableau II), s'est révélée plus tolérante en Côte d'Ivoire, malgré de graves attaques sporadiques des parasites majeurs (*Colletotrichum* sp. et *Cercospora* sp.) du flétrissement (ZOHOURI *et al.*, 1994).

Les barrières méthodologiques à l'hybridation semblent cependant surmontées puisque l'Ita a développé récemment, au Nigeria, des hybrides dotés d'un bon comportement vis-à-vis de l'anthracnose, la mosaïque et les nématodes. Ces cultivars très prometteurs tels que TDa 291 et TDa 297 seront distribués sous forme de vitroplants pour évaluation dans d'autres pays (IITA, 1992).



## Les pratiques culturales

Les pratiques agricoles jouent un rôle important dans la prévention et la limitation des maladies. L'emploi de semences saines et la rotation culturale sont les méthodes les plus appropriées pour la prévention des maladies transmissibles par le matériel de plantation ou le sol. Il est également recommandé de soustraire la culture des conditions d'hydromorphie (bon drainage), d'effectuer un bon travail du sol, d'éliminer les plantes réservoirs de maladies et de leurs vecteurs et, enfin, d'éliminer les débris de récoltes. Une fertilisation adéquate permet également la réduction du taux d'infection des maladies (NWANKITI et ENE, 1984).

## Les maladies des ignames en conservation

Le tubercule de l'igname est biodégradé par divers micro-organismes dont la structure, très complexe, révèle constamment des champignons, des bactéries et des nématodes. Les infections par ces pathogènes peuvent se réaliser au champ, à partir des nombreux agents de la biocénose du sol, mais elles se remarquent et s'intensifient beaucoup plus au cours du stockage. On distingue généralement deux types de maladies des tubercules d'igname : les dégâts de nématodes, dont nous avons discuté dans le cadre des maladies de tubercules au champ, les pourritures, qui seront essentiellement traitées dans ce chapitre.

Les pourritures des ignames sont occasionnées par de nombreux champignons et bactéries ; elles sont souvent classées, selon la consistance du tubercule et l'écoulement de liquide à la pression du doigt, en pourritures sèches (*dry rot*), molles (*soft rot*) et aqueuses ou humides (*watery rot*), considérées comme l'une des causes principales des pertes des tubercules d'igname en conservation. Ces pertes sont reconnues variables d'une saison à l'autre et leur importance dépend étroitement des blessures infligées de différentes manières (déprédations, récolte, manutention, etc.) aux tubercules. L'incidence des pourritures est par exemple

évaluée entre 2 et 37 % sur *D. trifida* en Guadeloupe (RICCI *et al.*, 1979) et 59 % sur *D. esculenta* au Nigeria (ADENIJI, 1970).

## Les pourritures bactériennes

Quelques bactéries contribuent à la dégradation du tubercule d'igname ; leur rôle est généralement rattaché à l'évolution des pourritures molles provoquées par des champignons en pourritures humides (IKOTUN, 1983). Une pourriture sèche à *Corynebacterium* sp. associée au nématode *Scutellonema bradys*, a été cependant décrite sur l'igname au Nigeria (EKUNDAYO et NAQVI, 1972). Les bactéries les plus fréquemment isolées des tubercules pourris appartiennent aux genres *Serratia* et *Erwinia* ; elles envahissent, selon IKOTUN (1983), les tubercules déjà infectés par des champignons, contrairement aux travaux d'EKUNDAYO et NAQVI (1972), qui ont montré que le champignon *Rhizopus arrhizus* est un envahisseur secondaire, après l'infection d'*Erwinia* sp. De ce fait, la considération des infections bactériennes comme strictement secondaires est à vérifier, comme l'a souligné DEGRAS (1986). D'autres bactéries, notamment les *Clostridium* sp., *Corynebacterium* sp., *Vibrio* sp. et *Bacillus tereus*, paraissent également actives dans la pathologie des tubercules (OBI, 1981 cité par DEGRAS, 1986).

## Les pourritures fongiques

Les pourritures fongiques des tubercules sont généralement sèches ou molles selon les parasites, mais les frontières entre ces deux types de pourritures sont parfois imprécises, en raison des facteurs de l'environnement et de l'activité des parasites secondaires qui peuvent modifier les symptômes primaires (BABACAUH, 1983). De nombreux champignons contribuent à la manifestation des pourritures ; au nombre de ceux que l'on rencontre en Afrique de l'Ouest et dans les Caraïbes (tableau III), les genres *Botryodiplodia*, *Penicillium*, *Fusarium*, et *Aspergillus* se révèlent largement répandus et comptent parmi les plus dommageables aux tubercules d'igname.

Tableau II. Sensibilité de quelques variétés d'ignames à Puerto Rico (MIGNUCCI *et al.*, 1988).

Espèces	Variétés	Origines	Sensibilité
<i>D. alata</i>		Binugas	Philippines
		Florida	Puerto Rico
		Forastero	Puerto Rico
		Gemellos	Puerto Rico
		Gunung	Indonésie
		Kinampay	Philippines
		Moresby	Papouasie-Nouvelle Guinée
<i>D. rotundata</i>		Purmay	Malaisie
		Guinea Negro	Puerto Rico
		Guinea Blanco	Puerto Rico

*Botryodiplodia theobromae* est le champignon le plus ubiquiste, et aussi le premier parasite associé aux pourritures du tubercule (BAUDIN, 1956 ; COURSEY, 1967). Il occasionne des pourritures généralement brun foncé, pouvant être roses au début sur *D. trifida* (RICCI et al., 1979) ou d'un gris sale chez *D. rotundata* (OGUNDANA et al., 1970) ; de consistance molle aux premiers stades, elles deviennent humides, puis sèches, pulvérulentes et noirâtres.

*Penicillium* sp. est un agent de pourriture très dangereux du tubercule de l'igname (OGUNDANA et al., 1970 ; RICCI et al., 1979 ; BABACAUH, 1983). L'espèce la plus étudiée, *P. oxalicum*, est reconnaissable par ses fructifications vertes, recouvrant des lésions molles brunes à brun-noirâtre pouvant évoluer vers la pourriture humide avec la participation de bactéries. Ce parasite est responsable d'une pourriture très sévère du complexe *D. cayenensis-rotundata* en Côte d'Ivoire (FOUA-BI et al., 1982) ; il est également la cause de plus de 50 % des pourritures d'ignames au Nigeria (IKOTUN, 1989) ; enfin en Guadeloupe, son incidence est d'environ 80 % sur *D. cayenensis-rotundata* précoce, qui se montre plus sensible que *D. trifida* et *D. alata* (RICCI et al., 1979). Cet auteur mentionne d'autres espèces, notamment *P. sclerotigenum*, *P. cyclopium*, et *P. gladioli*, dans les

pourritures graves de l'igname en conservation dans le monde.

*Fusarium* sp. provoque des pourritures du type sec (BAUDIN, 1956), mais à l'exception de *F. moniliforme*, signalé comme agent de pourriture sévère au Nigeria (OGUNDANA et al., 1970), toutes les espèces connues sur l'igname (*F. oxysporum*, *F. folani*, *F. bulbigenum* et *F. coeruleum*) font souvent des dégâts limités et semblent relativement moins importantes (ADENIJI, 1970 ; RICCI et al., 1979). Leurs attaques sont très souvent secondaires à des lésions de nématodes, et les pourritures brun clair, plus foncées à la périphérie, peuvent évoluer rapidement avec la participation de bactéries.

*Aspergillus niger* et *A. tamarii* sont également rangés parmi les responsables de pourritures sévères au Nigeria (ADENIJI, 1970 ; OGUNDANA et al., 1970). S'agissant des *Rhizopus*, seul *R. nodosus* a été signalé comme la cause de dégâts importants sur *D. esculenta* en Côte-d'Ivoire (BAUDIN, 1956). En revanche, la pathogénicité de *R. arrhizus*, *R. nigricans* et *R. stolonifer*, champignons trouvés dans les tubercules pourris, n'a pas été établie expérimentalement, de même que *Cladosporium herbarum*, *Cylindrocarpon radiculicola*, *Geotrichum candidum*, *Gliocladium roseum*, *Mucor circinelloides*, et *Rhinoctadiella mansonii*.

Tableau III. Principaux champignons parasites des tubercules d'igname en Afrique de l'Ouest et dans les Caraïbes.

Champignons	Références
Pathogènes	
<i>Aspergillus niger</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970 ; ADENIJI, 1970)
<i>Aspergillus tamarii</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970 ; ADENIJI, 1970)
<i>Botryodiplodia theobromae</i>	Côte d'Ivoire, Nigeria, Guadeloupe, (BAUDIN, 1956 ; OGUNDANA et al., 1970 ; RICCI et al., 1979)
<i>Fusarium moniliforme</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Penicillium cyclopium</i>	Ghana (COURSEY ET RUSSUL, 1969)
<i>Penicillium gladioli</i>	Caraïbes (BURTON, 1970)
<i>Penicillium oxalicum</i>	Côte d'Ivoire, Nigeria, Guadeloupe, (BABACAUH 1983 ; ADENIJI, 1970 ; RICCI et al., 1979)
<i>Penicillium sclerotigenum</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Rhizopus nodosus</i>	Côte-d'Ivoire (BAUDIN, 1956)
Pathogènes faibles	
<i>Fusarium bulbigenum</i>	Côte d'Ivoire (BAUDIN, 1956)
<i>Fusarium coeruleum</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Fusarium oxysporum</i>	Côte d'Ivoire (BAUDIN, 1956)
<i>Fusarium poe</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Fusarium solani</i>	Côte d'Ivoire, Guadeloupe (BAUDIN, 1956 ; RICCI et al., 1979)
<i>Gliomastix convulata</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Trichoderma viride</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
A pouvoir pathogène non établi	
<i>Cladosporium herbarum</i>	Nigeria (ADENIJI, 1970)
<i>Cylindrocarpon radiculicola</i>	Nigeria (ADENIJI, 1970)
<i>Geotrichum candidum</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Gliocladium roseum</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Mucor circinelloides</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Rhinoctadiella mansonii</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)
<i>Rhizopus arrhizus</i>	Nigeria (EKUNDAYO ET NAQVI, 1972)
<i>Rhizopus nigricans</i>	Nigeria (ADENIJI, 1970)
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Nigeria (OGUNDANA et al., 1970)

(OGUNDANA *et al.*, 1970 ; ADENIJI, 1970 ; EKUNDAYO et NAQVI, 1972).

En matière de lutte, la recherche propose un certain nombre de moyens pour éliminer les risques de pertes en stockage de l'igname, allant de la prévention aux méthodes améliorées et modernes (PASSAM, 1982 ; DEMAUX, 1983).

## Les méthodes préventives

Les méthodes préventives s'appliquent aux différents stades de la culture et du stockage de l'igname et sont les suivantes :

- avant la récolte, opter pour les pratiques culturales qui éliminent les nématodes (rotation), surveiller les cultures contre les animaux déprédateurs (oiseaux, rongeurs, insectes) qui favorisent les infections microbiennes ;
- pendant la récolte, éviter les blessures à l'arrachage et les brisures qui constituent les portes d'entrée des champignons et des bactéries ;
- après la récolte et pendant le stockage, ne pas endommager les tubercules au cours des manipulations (manutention, transport, etc.) et opérer un tri sanitaire rigoureux avant toute mise en conservation.

## Les méthodes améliorées

Parmi ces méthodes, le *curing* (technique de la cicatrisation accélérée) paraît une technologie de conservation peu coûteuse et dotée d'une efficacité approchant celle de certains traitements chimiques (FEVRE *et al.*, 1977 ; IITA, 1980 ; LINNEMANN, 1981). On cite également les magasins de stockage avec ventilation et hygrométrie contrôlée, les inhibiteurs de germination encore au stade expérimental et non maîtrisés avec l'acide gibberellique et d'autres produits (IITA, 1992) et enfin, la protection chimique. Celle-ci permet largement, avec des fongicides et insecticides (Thiabendazole, Bénomyl, Koufla, Decis Actellic, etc.), de lutter efficacement contre les pourritures d'igname (OGUNDANA, 1972 ; THOMPSON *et al.*, 1977 ; RICCI *et al.*, 1978 ; OGUNDANA et DENNIS, 1981 ; KOUAKOU *et al.*, 1995), mais elle présente, en même temps, des inconvénients de toxicité, de coût et de résistance des parasites.

## Les méthodes modernes

Elles font appel à des techniques plus sophistiquées, généralement hors de portée du producteur de l'igname. Ce sont le stockage des tubercules au froid, en atmosphère (teneur en gaz carbonique et en oxygène) modifiée, et les traitements ionisants (rayons X, gamma, etc.).

## Conclusion

En culture comme en conservation, l'igname est sujette à de nombreuses maladies. Malgré la réalisation d'un certain nombre de travaux dans le monde en matière

de défense des cultures, la pression de recherche demeure toutefois relativement faible, compte tenu de l'ampleur des attaques et les risques phytosanitaires liés à l'intensification de cette culture. Au-delà des inventaires, une recherche approfondie doit donc être conduite, pour une meilleure compréhension des mécanismes de la pathogenèse, qui permettra la mise au point de techniques de protection fiables et rentables, en particulier la découverte de variétés résistant aux virus, nématodes, champignons et bactéries parasites de l'igname.

## Références bibliographiques

- ADENIJI M.O., 1970. Fungi associated with storage decay of yam in Nigeria. *Phytopathology* 60 : 590-592.
- ADESIYAN S.O., ODIHIRIN R.A., 1978. Root-knot nematodes as pests of yams (*Dioscorea* spp.) in Southern Nigeria. *Nematologia* 24 : 132-134.
- AHOUSOU N., 1989. Etude de l'antracnose de l'igname (*D. alata*) provoquée par *Colletotrichum gloeosporioides*. Thèse de doctorat, université de Marseille, France, 97 p.
- AKORODA M.O., 1995. Alleviating hunger with root and tuber crops. *African J. of Root and Tuber Crops* 1 (1) : 41-43.
- BABACAUH K.D., 1983. La microflore pathogène des tubercules de l'igname (*Dioscorea* spp). Séminaire sur l'igname, Ensa, Abidjan, Côte d'Ivoire, 16 p.
- BAUDIN P., 1956. Maladies parasitaires des ignames en Côte d'Ivoire. *Rev. Mycol.* 21 (1) : 87-111.
- BURTON C.L., 1970. Diseases of tropical vegetables on the Chicago market. *Trop. Agric. (Trinidad)* 47 : 303-313.
- CLAIRON H., ALPHONSE C., 1978. Pratiques de la culture traditionnelle, *Dioscorea alata*, en Grande-Terre (Guadeloupe, Antilles françaises). *Nouvelles Agronomiques Antilles-Guyanes* 4 (2) : 87-97.
- COURSEY D.G., 1967. Yams. *Tropical agriculture series*, 230 p. Longmans Ed.
- COURSEY D.G., RUSSULL J.D., 1969. A note on endogenous and biodeteriorative factors in the respiration of dormant yam tubers. *Int. Biodeterior. Bull.* 5 : 27-30.
- DEGRAS L., 1986. L'igname, plante à tubercule tropicale. Maisonneuve et Larose éd., Paris, France, 408 p.
- DEMAUX M., 1983. Méthodes modernes de conservation des ignames. Séminaire sur l'igname, Ensa, Abidjan, Côte d'Ivoire, 11 p.
- EHUNDAYO J.A., NAQVI S.H.Z., 1972. Preharvest microbial rotting of yam (*Dioscorea* spp.) in Nigeria. *Trans. Br. mycol. Soc.* 58 (1) : 15-18.
- FAUQUET C., THOUVENEL J.C., 1979. Yam mosaic, a new potyvirus infecting *Dioscorea cayenensis* in Ivory Coast. *Ann. appl. Biol.* 93 : 279-283.
- FEVRE F., COLENO A., RICCI P., 1977. Conservation de l'igname cousse-couche *Dioscorea trifida*. Premiers essais de *curing* (traitement à la chaleur). *Nouvelles Agronomiques Antilles-Guyanes* 3 (2) : 49-54.
- FOUA-BI K., BABACAUH K.D., DEMAUX M., 1982. Pertes sur les ignames au cours du stockage. Cause et

- méthodes de lutte. In Yam/Ignames, Miège et Lyonga (éditeurs). Clarendon Press, 395-409.
- HAHN S.K., 1984. Les plantes à racines et tubercules tropicales. Amélioration et utilisation. IITA, Ibadan, Nigeria, 32 p.
- HAHN S.K., 1993. Lutte contre les maladies de l'igname. Guide de recherche n° 39, IITA, Ibadan, Nigeria, 17 p.
- HARRISSON B.D., ROBERTS I.M., 1973. Association of virus-like particles with internal brown spot of yam (*Dioscorea alata*). Tropical Agriculture 50 (4) : 335-340.
- IITA, 1980. Storage. In Annual Report for 1979, p. 66.
- IITA, 1981. Research highlights for 1980, Ibadan, Nigeria, 36 p.
- IITA, 1992. Sustainable food production in sub-Saharan Africa. 1. IITA's contribution. IITA, Ibadan, Nigeria, 208 p.
- IITA, 1995. Yam Research at IITA : 1971-1993. Crop improvement division, root and tuber improvement program, IITA, Ibadan, Nigeria, 39 p.
- IKOTUN T., 1983. Postharvest microbial rot of yam tuber in Nigeria. Fitopatologia Brasileira 8 (1) : 1-7.
- IKOTUN T., 1989. Diseases of yam tubers. Int. J. Tropical diseases 7 : 1-21.
- JACKSON G.V.H., NEWHOOK F., 1978. Diseases of taro (*Colocasia esculenta*) and yams (*Dioscorea alata*) in the Salomon Islands. In Diseases of tropical food crops. H. Maraite and JA Mayer Eds. Proc. Intern. Symp., UCL, Louvain-la-Neuve, Belgium.
- JACKSON G.V.H., NEWHOOK F., WINCH J., 1980. L'antracnose de l'igname. Commission du Pacifique Sud, fiche technique 12 : 1-3.
- KOUAKOU A.M., DUMONT R., ZOHOURI P., 1995. Amélioration des systèmes traditionnels de conservation de l'igname. Commun. 6th Symposium ISTRC-AB, 22-28 October 1995, Lilongway, Malawi (sous presse).
- LINNERMANN A.R., 1981. Préservation of certain tropical root and tuber crops. Abstracts on Tropic. Agric., Netherlands, 7 (1) : 9-20.
- MESSIAEN C.M., 1975. Le potager tropical. 3. Cultures spéciales. Presses Universitaires de France, p. 445.
- MIGNUCCI J., TORRES-LOPEZ R., HEPPELY P.R., RAMOS-BUSIGO D., 1988. Field diseases of tropical yams (*Dioscorea* spp) and their control in Puerto Rico. 7th Symp. ISTRC. Gosier (Guadeloupe), 1-6 July, Inra, Paris, France, p. 285-296.
- NANDRIS D., NICOLE M., ZOHOURI P., DIGBEU S., SEGUR C., 1989. Pathologie fongique de l'igname en Côte d'Ivoire. Rapport d'activités lirsda-Idessa, 78 p. (document interne).
- NICOLE M., NANDRIS D., DIGBEU S., ZOHOURI P., 1990. Pathologie fongique de l'igname en Côte d'Ivoire. Rapport d'activités lirsda-Idessa, 105 p. (document interne).
- NOTTEGHEM J.L., DUMONT R., 1985. Résultats d'essais lutte contre le flétrissement de l'igname. Rap. anal. synt., note technique Idessa, 49 p. (document interne).
- NWANKITI A.O., 1982. Symptomatology, aetiology and incidence of a leaf disease of yam (*Dioscorea* spp.) originally called Apollo disease. In Diseases of yams, Miège et Lyonga S.N. Eds, p. 274-279.
- NWANKITI A.O., ARENE O.B., 1978. Diseases of yam (*Dioscorea* spp.) in Nigeria. Pest Artic. News Sum. 24 : 486-494.
- NWANKITI A.O., ENE L.S.O., 1984. Advances in the study of anthracnose/blooth disease of *Dioscorea alata* in Nigeria. In Proc. 6 th symposium ISTRC. CIP Lima Perou, 21-26 février 1983. Lima, Perou, International Potato Center (CIP) : 633-640.
- OGUNDANA S.K., 1972. The control of soft rot of yams in Nigeria. Int. Biodetn Bull. 8 (2) : 75-78.
- OGUNDANA S.K., DENNIS C., 1981. Assessment of fungicides for the prevention of storage rot of yam tubers. Pestic. Sci. 12 (5) : 491-494.
- OGUNDANA S.K., NAQVI S.H.Z., EKUNDAYO J.A., 1970. Fungi associated with soft rot of yams (*Dioscorea* spp.) in storage in Nigeria. Trans. Br. Mycol. Soc. 54 (3) : 445-451.
- PALCY L., GROLLEAU-MORLET J., JOSEPH-THEODORE B., 1988. Cinq années de lutte contre les maladies de l'igname aux Antilles. 7th Symp. Istrc, Ed. Inra, Paris, France, p. 297-304.
- PASSAM H.C., 1982. Food processing and marketing : GA dip slows yam decay. Intern. Agric. Develop. p. 10-11.
- PONS N., SUTTON B.C., 1988. Cercospora and similar fungi on yams (*Dioscorea* species). CAB International Mycological Institute (CMI), 79 p.
- RICCI P., COLLENO A., FEVRE F., 1978. Storage problems in the cush-cush yams II. Control of *Penicillium oxalicum* rots. Ann. Phytop. 10 (4) : 433-440.
- RICCI P., TORREGROSSA J.P., ARNOLIN R., 1979. Storage problems in the cush-cush yams in Guadeloupe. Trop. Agric (Trinidad) 56 (1) : 41-48.
- ROSSEL H.W., THOTTAPPILLY G., 1985. Virus diseases of important food crops in tropical Africa, Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 61 p.
- THOMPSON A.K., BEEN B.O., PERKINS C., 1977. Trop. Agric. (Trinidad) 54 (2) : 179-183.
- THOUVENEL J.C., DUMONT, 1990. Perte de rendement de l'igname infectée par le virus de la mosaïque en Côte d'Ivoire. L'Agronomie Tropicale, 45 (2) : 125-129.
- TORIBIO J.A., JACQUA G., 1978. Traitements fongicides contre l'antracnose de l'igname. Nouvelles Agronomiques, Antilles-Guyanes, 4 (3/4) : 147-152.
- TORIBIO J.A., EDWIGE S., JACQUA G., 1980. Pathologie des ignames en Guadeloupe. Maladies fongiques, Colloques Inra, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, p. 107-114.
- ZOHOURI P., DIGBEU S., DUMONT R., 1994. Contraintes pathologiques à la production de l'igname *Dioscorea* spp.) en Côte d'Ivoire. Proc. 5th Symp. Istrc-Ab, p. 252-257.

# Biologie de la reproduction des ignames africaines

J. ZOUNDJIHEKPON

Wwf-fonds mondial pour la nature, 08 BP 1776, Abidjan 08, Côte d'Ivoire

A. DANSI

Faculté des sciences et techniques, université nationale du Bénin, BP 526, Cotonou, Bénin

**Résumé** — Malgré l'ancienneté de la culture des ignames en Afrique, il n'existe pas encore de variétés hybrides sélectionnées et diffusées à l'instar des autres cultures vivrières. En effet, les ignames africaines ont longtemps été négligées par la recherche agronomique qui a privilégié, en Afrique de l'Ouest, les cultures d'exportation, les céréales et les légumineuses. Ainsi, la biologie de la reproduction des ignames n'a fait l'objet que de quelques investigations ponctuelles au Nigeria, au Ghana, en Côte d'Ivoire et en Guadeloupe. Les ignames africaines, cultivées et sauvages, sont des plantes florifères, malgré quelques exceptions. Le délai et l'intensité de la floraison sont fonction des variétés, des génotypes, de la date de plantation, de la nature des semences, des conditions climatiques et de l'état nutritionnel de la plante. La pollinisation est entomophile. La période de réceptivité des fleurs femelles ne dépasse guère trois jours, la période d'ouverture des fleurs d'un pied femelle est inférieure à une semaine, alors que l'ouverture des fleurs d'un pied mâle peut s'étaler sur plusieurs semaines. De récentes observations ont montré que le décalage des floraisons mâle et femelle, souvent indiqué comme un handicap à l'utilisation de la reproduction sexuée des ignames, peut être contourné par une bonne connaissance du matériel végétal. Dans le cas de *D. cayenensis-rotundata*, on observe une synchronisation des floraisons mâle et femelle avec des variétés précoces, des variétés intermédiaires et des variétés tardives pour la mise en fleurs et pour l'ouverture des fleurs. Plusieurs axes de recherche restent encore à explorer avec : l'identification des variétés cultivées et des espèces sauvages ; l'étude de la méiose des ignames cultivées et sauvages ; la détermination du sexe en utilisant des outils biotechnologiques ; l'étude des conditions d'exploitation des monoïques ; l'utilisation des biotechnologies pour l'amélioration du taux de fructification *in vitro* avec sauvetage d'embryons. Ainsi, une bonne connaissance de la biologie de la reproduction des ignames, associée à l'exploitation rationnelle des ressources biologiques et à l'utilisation judicieuse des biotechnologies devrait permettre l'amélioration des ignames par voie sexuée.

**Abstract** — **Reproduction biology of African yam.** Despite the fact that yam is an age-old African crop, there are no hybrid

varieties selected and distributed as is the case with other food crop. The fact is that African yam has long been neglected by agronomic researchers in favor of exportable products, cereal and legume in West Africa. Therefore, the reproduction biology of yam has only been investigated punctually in Nigeria, Ghana, Côte d'Ivoire and Guadeloupe. African yam, both cultivated and wild, are flower-bearing plants, despite several exceptions. The duration and intensity of flowering depend on the variety, the genotype, the planting period, the nature of seedlings, the climate and the nutritional state of the plant. Pollination is entomophilous. The period of receptivity of female flowers only lasts three days, the blooming period of flowers, on a female stalk lasts less than a week, whereas in a male stalk, it can last several weeks. Recent observations we have made have shown that the differences between males and females, often described as the major drawback against using sexual reproduction in yam, can be circumvented by enhanced knowledge of plant material, since in *D. cayenensis-rotundata* males and females, flowering is synchronized, with early varieties, medium term varieties and late varieties for flowering and blossoming. There are several unexplored areas for research: identification of cultivated and wild species; study of meiosis in cultivated and wild species; sexual determination through biotechnological tools; study of the conditions of use of monoecious; use of biotechnology to improve rates of *in vitro* fructification and embryo rescue. Proper knowledge of yam reproduction biology, combined with rational use of biological resources and appropriate use of biotechnology could result in the improvement of yam through sexual reproduction.

## Introduction

Les ignames sont des plantes à tubercules de régions tropicales. Elles appartiennent au genre *Dioscorea*, avec plus de 600 espèces (KNUTH, 1924), dont une dizaine est consommée. Les espèces

sauvages sont des plantes à reproduction sexuée. Les ignames cultivées sont des plantes polyploïdes à multiplication végétative. Depuis des millénaires, elles ont intégré les mœurs et les traditions des peuples vivant en Amérique, en Océanie et en Afrique de l'Ouest. Dans cette dernière région, COURSEY (1967) écrit « la ceinture des ignames » fait partie intégrante des centres d'origine des plantes cultivées définis par VAVILOV dans le monde, et repris par HARLAN (1975).

Malgré l'ancienneté de la culture de ces plantes en Afrique, leurs conditions de production ne se sont pas améliorées. La surface cultivée de l'agriculteur est limitée par le travail à la houe et à la machette, de la préparation du champ à la récolte. Dans ces conditions, la production de l'Afrique n'est pas suffisante pour nourrir ses populations. La sécurité alimentaire dépend en grande partie de l'utilisation des variétés améliorées dans les systèmes de production. Pour l'amélioration des ignames cultivées, plusieurs voies, dont la voie sexuée, peuvent être utilisées. Dans cette optique, la connaissance de la biologie de la reproduction est indispensable.

En Afrique, la recherche agronomique a longtemps négligé les cultures vivrières au profit des cultures d'exportation. Et lorsqu'on a daigné travailler sur les cultures vivrières, ce sont surtout les céréales et les légumineuses qui ont retenu l'attention des chercheurs. Les recherches sur les plantes à tubercules sont donc récentes (IITA, 1992). Ainsi, malgré l'ancienneté de la culture des ignames en Afrique, la biologie de la reproduction reste peu connue. Les principales études consacrées à ce sujet sont celles de MIEGE (1952 et 1965), SADIK et OKEREKE (1975 a,b), TOURE et AHOUSOU (1982), AKORODA et al. (1982), AKORODA (1984, 1985), SEGNOU et al. (1992) et ZOUNDJIHEKPON (1993).

Malgré quelques exceptions, les ignames cultivées et sauvages sont des plantes florifères. A ce jour, les travaux d'hybridations naturelles ou contrôlées ont eu peu de succès et il n'existe pratiquement pas de variétés hybrides sélectionnées et diffusées en Afrique de l'Ouest. Une bonne connaissance de la biologie de la reproduction de ces plantes, associée à l'exploitation rationnelle des ressources biologiques naturelles et à l'utilisation judicieuse des biotechnologies devraient permettre l'amélioration des ignames par voie sexuée.

## **La mise à fleurs des plantes**

La mise à fleurs des ignames correspond à l'apparition des boutons des axes inflorescentiels. Ce sont des plantes dioïques. Toutes les variétés du complexe *D. cayenensis-rotundata* ne sont pas

florifères. C'est le cas de *Kpokpokpokpo* en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso, et de la variété *Agogo* au Bénin. Pour les groupes variétaux florifères de ce complexe cultivé, les premiers boutons floraux apparaissent en mai pour les variétés mâles et en juin pour les variétés femelles. Les délais de floraison après la levée des semenceaux varient avec le sexe des variétés considérées. Les pieds mâles fleurissent en moyenne entre 40 et 70 jours après la levée, et les femelles, entre 50 et 80 jours. Néanmoins, toutes les variétés ne fleurissent pas au même moment, et l'étalement de la floraison permet de reconnaître des variétés précoces et des variétés tardives pour la mise à fleurs.

Le nombre de pieds florifères varie avec les clones ou groupes variétaux considérés. Au Nigeria, avec la variété *Ihobia* (IITA, 1971), 52,2 % des pieds ayant levé sont non florifères, 36 % sont mâles et 9,3 % sont femelles. Au Ghana, DOKU (1973), indique les proportions de mâles, de femelles et de « neutres » comme étant 3, 1, 9 pour les clones traditionnels, et 1,1,9 pour les plantes issues de semis. Des vingt-cinq groupes variétaux décrits par HAMON (1987) et ZOUNDJIHEKPON (1993) au sein des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest en collection en Côte d'Ivoire, cinq groupes variétaux sont femelles, onze groupes ne présentent que des inflorescences mâles ; parmi six groupes variétaux, on observe des clones mâles et des clones femelles ; un seul groupe variétal peut être, selon les années, monoïque ou ne porter que des inflorescences mâles, tandis que deux groupes variétaux ne fleurissent pas.

Ainsi, parmi les variétés florifères des ignames cultivées, on observe généralement plus de variétés et de pieds mâles que de femelles. Pour certaines variétés du complexe cultivé *D. cayenensis-rotundata*, la floraison est irrégulière et peut, même, être absente certaines années. De même, la floraison est rare, voire inconnue pour certaines espèces comme *D. tana-larum* de Madagascar.

Les observations faites en Côte d'Ivoire sur les variétés *Afoubessou* et *Gnan* et en Guadeloupe sur d'autres variétés de *D. cayenensis-rotundata* montrent que les plantes issues de la partie distale (base) du tubercule servant de semenceau sont plus précoces pour la floraison. Les études réalisées au Bénin, au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire et en Guadeloupe sur le complexe *D. cayenensis-rotundata*, indiquent que les plantes qui lèvent tard sont les premières à fleurir, quel que soit le sexe considéré (DUMONT, 1977b ; FADERIN, 1991 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993). Il y aurait donc indépendance entre la programmation de la date d'initiation de la floraison et celle de la levée des semenceaux ayant donné la plante.

Au moment de la floraison, les boutons floraux apparaissent sur trois axes différents de la plante et lui confèrent une certaine architecture (figure 1). Les



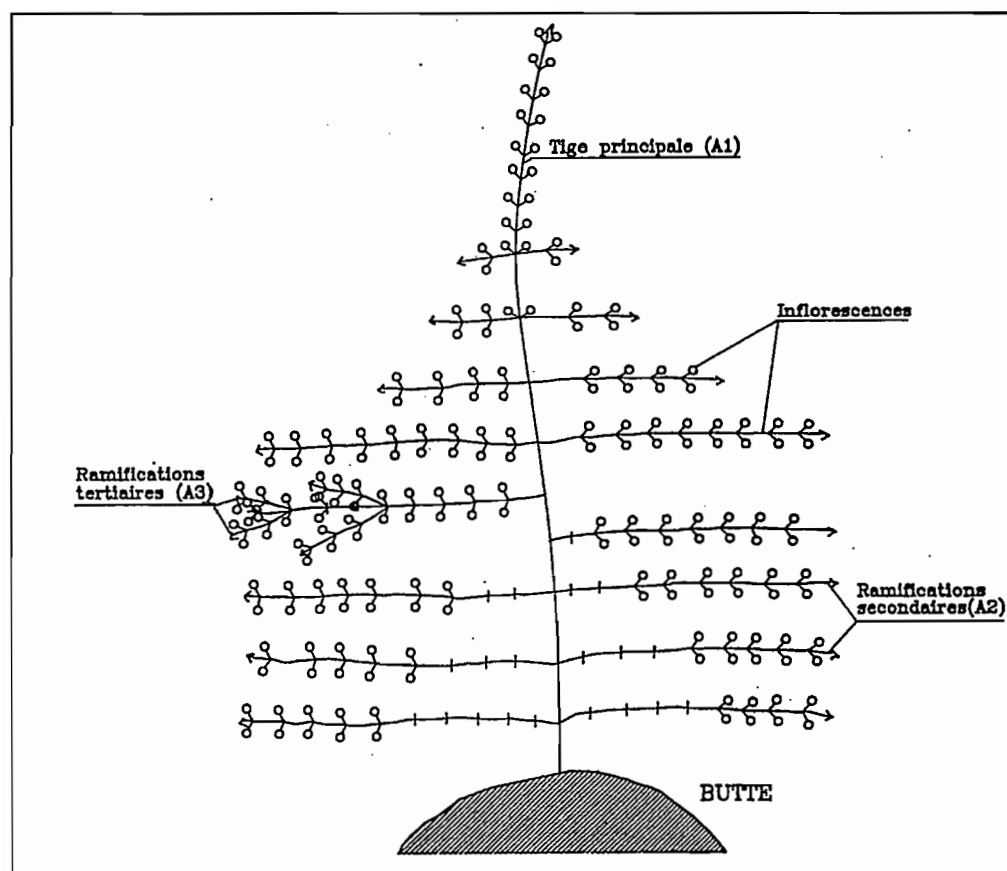


Figure 1. Représentation graphique des différents axes florifères sur un pied Zrézrou.

fleurs n'apparaissent sur la tige principale (axe A1) que si celle-ci est en pleine croissance au moment de la floraison. Les inflorescences sont plus abondantes sur les ramifications secondaires (axe A2) où apparaissent généralement les tout premiers boutons sur une plante florifère. Dans le cas des pieds étudiés (mâles et femelles), les premiers boutons floraux apparaissent sur les rameaux secondaires situés vers la base de la plante, à des nœuds éloignés de la tige principale. Au fur et à mesure que l'on progresse vers l'apex de la plante, les premiers boutons floraux apparaissent sur des nœuds de ramification secondaire de plus en plus proches de la tige principale pour se stabiliser au premier nœud sur les ramifications situées dans la zone apicale. La constance de la vitesse de propagation de la floraison sur les axes A2 d'un même pied fait penser à l'existence d'un « phyllochrone » interne chez les ignames. Les ramifications tertiaires (axe A3) sont omniprésentes chez certaines variétés et leur confèrent une architecture particulière, alors que chez d'autres, elles sont absentes et n'apparaissent qu'à la suite d'un stress.

La présence, le nombre, la disposition et la densité de ces trois axes permettent de décrire plusieurs types architecturaux parmi les plantes d'ignames (FADERIN, 1991 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993). A l'instar d'autres plantes tropicales telles que le cotonnier, l'arachide ou le caféier (FRANQUIN, 1966 ;

FRANQUIN, 1985 ; de REFFYE *et al.*, 1991) il est souhaitable de faire une étude architecturale plus approfondie des ignames, même si celle-ci semble délicate du fait de la spécificité du type architectural selon la variété ou le groupe d'ignames considéré. Selon HALLE (communication personnelle), l'étude de l'architecture des plantes d'ignames devrait prendre en compte la formation des tubercules.

## Les facteurs influençant la floraison chez les ignames

L'émission des fleurs, l'intensité, le délai et l'étalement de la floraison des ignames varient avec les espèces, et avec les variétés, à l'intérieur d'une même espèce. En dehors des génotypes, nombreux sont les facteurs qui agissent sur la floraison des ignames :

- la date de plantation et la croissance de la plante : pour *D. cayenensis-rotundata*, les plantations précoces augmenteraient l'intensité de la floraison (EDEM, 1975 ; DUMONT, 1977 ; FADERIN, 1991) ; de plus, TROUSLOT (1983) a indiqué que la date de floraison varie avec la croissance de la plante, qui elle-même est fonction de la variété considérée ;



– l'intensité lumineuse et la photopériode : BUF-FARD-MOREL (1980) et BULLE-LEGRAND (1983) ont montré qu'une forte intensité et une longue période d'éclairement favorisent la floraison de *D. bulbifera*. MIGINIAC (1981) a indiqué que seule cette espèce fleurissait en jour continu ; les ignames sauvages, en particulier *D. praehensilis*, poussent souvent sous les caféiers et les cacaoyers qu'ils utilisent comme tuteurs, à la recherche de la lumière ; ainsi, les fleurs des ignames sauvages se développent au sommet des arbres ;

– les conditions climatiques : DUMONT (1977a) a montré qu'au Bénin, le régime de la saison des pluies influence la floraison des ignames du complexe *D. cayenensis-rotundata* ; en Côte d'Ivoire, TOURE et AHOUSOU (1982) ont indiqué que les mêmes variétés d'ignames fleurissent mieux en région de savane (Bouaké) qu'en zone forestière (Abidjan) ;

– la nature des semenceaux : les plantes issues de la partie distale du tubercule-semenceau fleurissent plus tôt que les plantes issues des parties proximale et médiane ; la mise à fleurs est également soumise aux conditions environnementales dominantes au moment de la formation des tubercules servant de semenceaux ; en effet, les ignames fleurissent abondamment les premières années suivant leur introduction en collection au sud de la Côte d'Ivoire ; après quelques années, la floraison est sensiblement réduite ;

– la nutrition : selon DUMONT (1977a), les soins apportés aux plantes ont une action sur leur floraison. FADERIN (1991) a montré que l'utilisation de la boue d'épuration en Guadeloupe favorise une meilleure floraison des ignames ;

– les substances de croissance : l'utilisation de l'éthrel conduit à l'accroissement de l'intensité de floraison et de leur précocité pour certaines ignames (NANDI et CHATTERJEE, 1975) ; ce même produit conduit à la mise à fleurs des variétés non florifères comme le *Kpokpokpokpo* (DIAN, 1989) ; l'intensité et la qualité de la floraison de *D. bulbifera*, sont modifiées par le traitement à l'éthrel, à la gibbérelline, à la benzyl adénine adénine et à l'acide indole-acétique (BULLE-LEGRAND, 1983).

Ainsi, plusieurs facteurs génotypiques, physiologiques et environnementaux déterminent la floraison des ignames.

inflorescences portant à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles.

## Les mâles

MIEGE (1952) et ZOUNDJIHEKPON (1993) ont décrit 3 types d'inflorescences mâles au sein des ignames du complexe *D. cayenensis-rotundata* :

– type 1 : l'axe inflorescentiel très court, 1 à 2 cm de longueur, porte des fleurs souvent regroupées et en faible nombre, généralement quelques-unes à une dizaine ;

– type 2 : il s'agit d'un épi de longueur supérieure ou égale à 4 cm ; c'est le type le plus communément rencontré, généralement, le nombre de fleurs par inflorescence de ce type varie entre 20 et 70 ;

– type 3 : l'inflorescence est une grappe d'épis.

Parfois, à la place des inflorescences, on observe des fleurs solitaires. La taille des inflorescences et des fleurs, le nombre d'inflorescences par nœud ainsi que le nombre de fleurs par inflorescence sont des caractéristiques variétales. Le nombre d'inflorescences par nœud varie de 2 à 12. Le plus grand axe des fleurs mâles des ignames *D. cayenensis-rotundata* varie de 1 à 3 mm. Le nombre moyen de fleurs par inflorescence peut atteindre 52, et dans des cas exceptionnels, 60 à 70. La densité des fleurs est également une caractéristique variétale. Le nombre moyen de fleurs par cm est de 5 à 9.

En considérant plusieurs espèces africaines sauvages et cultivées, MIEGE (1952) met en évidence une complexité décroissante, de *D. dumetorum* avec des grappes très ramifiées dont chaque axe porte 2 à 5 fleurs, à *D. minutiflora* avec des grappes très ramifiées à fleurs solitaires, en passant par *D. cayenensis-rotundata* avec des épis ou des fleurs solitaires et *D. rupicola* avec un épi ou une fleur solitaire. Les inflorescences des ignames sauvages africaines peuvent être en épis simples ou en grappes d'épis (*D. burkilliana*, *D. abyssinica*, *D. hirtiflora*) ou composés (*D. dumetorum*, *D. minutiflora*, *D. smilacifolia*, *D. quartini*). Les inflorescences peuvent être réfléchies vers le haut (géotropisme négatif) comme pour les variétés *D. mangelotiana* et *D. togoensis* (HAMON et al., 1995).

## Les femelles

Toutes les inflorescences femelles de *D. cayenensis-rotundata* sont sous forme d'épis, et les ovaires peuvent avoir des arêtes saillantes ou discrètes (ZOUNDJIHEKPON, 1993). A l'aisselle de chaque feuille, on observe une seule inflorescence sur les plantes florifères. Le nombre d'inflorescences par nœud ne dépasse pas 2. La longueur des inflorescences, le

## Les inflorescences et les fleurs

Pour les ignames africaines, comme pour la plupart des espèces du genre *Dioscorea*, on observe des inflorescences mâles, des inflorescences femelles portées par des pieds séparés (plantes dioïques) ou parfois par le même pied (monoïques), ou encore des

nombre de fleurs par inflorescence et les dimensions des fleurs varient avec les groupes variétaux considérés. La densité des fleurs femelles est très faible et varie en moyenne de 0,5 à 2,5.

Le nombre moyen de fleurs par inflorescence femelle est de 8 à 15 et, dans certains cas exceptionnels, quelques dizaines. Selon les pieds considérés, le nombre de fleurs femelles peut varier entre quelques dizaines à plus d'un millier. Le nombre d'inflorescences par pied femelle est généralement inférieur au nombre d'inflorescences par pied mâle.

Dans le cas des ignames sauvages, la taille des fleurs et des inflorescences femelles varie avec les espèces considérées. Les inflorescences femelles de *D. togoensis*, peuvent être réfléchies vers le haut.

## Les monoïques

Bien que les ignames soient des plantes dioïques, certains clones sont monoïques. Leur effectif est très faible. Des travaux effectués sur des hybrides naturels et contrôlés indiquent que pour les plantes issues de graines, le taux de floraison est plus élevé et on observe un taux élevé de plantes monoïques, par rapport aux plantes issues de la multiplication végétative des clones collectés. La floraison des plantes monoïques est irrégulière. En effet, selon les années, les plantes monoïques peuvent être mâles ou femelles, ou même sans aucune fleur (SADIK, 1976 ; WILSON et LAWIN, 1981 ; TOURE et AHOUSOU, 1982 ; DEGRAS, 1982 ; AKORODA, 1983b ; HAMON, 1987 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993).

Sur ces plantes, on peut observer des inflorescences entièrement mâles ou entièrement femelles, ou des inflorescences avec des fleurs mâles et des fleurs femelles. Sur ces dernières, l'ordre d'apparition des fleurs mâles ou femelles varie avec le génotype et les années. Mais généralement, les fleurs femelles sont situées vers la base des inflorescences et les mâles au-dessus de celles-ci. Sur certains pieds, on observe des fleurs hermaphrodites ou malformées.

## La détermination du sexe

L'existence de chromosomes sexuels a été soupçonnée parmi les ignames. Mais celle-ci n'a pas été confirmée par les récents travaux de cytogénétique. Selon MARTIN (1966), il est extrêmement difficile de dégager une image claire du contrôle du sexe des ignames. Cependant, les outils modernes de biotechnologies tels que la cytométrie en flux et l'hybridation *in situ* devraient permettre d'avoir des informations précises.

L'analyse du comportement des monoïques et l'évolution du sexe de certains génotypes vers le mâle ou la femelle selon les cas, montrent que le contrôle du sexe n'est pas un caractère génétique simple. De plus, les substances de croissance comme les auxines et les cytokinines interviennent dans la détermination du sexe (CHAILAKHYAN, 1979 ; DAUPHIN-GUERIN *et al.*, 1980 ; CHAMPAULT *et al.*, 1985).

## La stratégie de reproduction

### L'ouverture des fleurs

L'anthèse de *D. cayenensis-rotundata* est discrète. Les boutons floraux, tous verts au début de la floraison, virent au jaune à maturité, parmi la plupart des variétés en collection en Côte d'Ivoire, et au brun pour *Cocoassié*. Sur un épi, l'ouverture des fleurs est acropète. Le nombre de fleurs ouvertes par inflorescence, par jour est une caractéristique variétale. Au sein des variétés mâles du complexe *D. cayenensis-rotundata* en Afrique de l'Ouest, si pour le *Kangba* ce nombre ne dépasse guère 4, avec *Zrézrou*, *Baniakpa*, *Yaobadou* et *Cocoassié*, on observe souvent jusqu'à 8 - 10 fleurs ouvertes par inflorescence et par jour. AKORODA (1984) indique que 2 à 5 fleurs s'ouvrent par épi. Parfois, la même fleur peut s'ouvrir plusieurs jours de suite. En Côte d'Ivoire, en Guadeloupe comme au Nigeria, des fleurs mâles s'ouvrent pendant 2 à 3 jours. Chez certaines variétés, toutes les fleurs de l'épi inflorescentiel ne s'ouvrent pas ; c'est le cas de la variété *Gnan* en Côte d'Ivoire. Les analyses ont montré que parmi certains groupes variétaux comme *Yaobadou*, *Kangba* et *Baniakpa*, les fleurs s'ouvrent dans la matinée, autour de 9 h et se referment l'après-midi, tandis que celles de *Cocoassié* s'ouvrent entre 11 h et 13 h, et celles de *Gnan* et *Zrézrou*, l'après-midi entre 14 h-15 h.

La diversité du comportement floral observée parmi les variétés du complexe *D. cayenensis-rotundata* explique les résultats, parfois discordants, mentionnés dans la littérature. Au Nigeria, pour WILSON et LAWIN (1981) les fleurs d'ignames s'ouvrent en fin de matinée (12 h). Selon AKORODA (1985), cette ouverture se fait entre 12 h et 14 h. En Guadeloupe, BULLE-LEGRAND (1983) indique que l'ouverture des fleurs se fait à partir de 9 h et que la fermeture a lieu vers 13 h. Une bonne description du matériel végétal est donc indispensable à la compréhension du comportement floral des ignames.

Selon le degré d'ensoleillement, l'heure d'ouverture du maximum de fleurs sur une plante peut être modifiée ; un temps nuageux ne favorise pas l'ouverture des fleurs et celles qui sont déjà ouvertes ont

tendance à se refermer. Certaines variétés mâles émettent une forte odeur au moment de l'ouverture maximum des fleurs, en particulier, *Yaobadou*, et dans une moindre mesure, *Cocoassié* et *Gnan*. Parmi les espèces sauvages, les fleurs mâles de *D. hirtiflora* et *D. praeheensis* sont très odoriférantes.

Avec les clones femelles, dès que les fleurs arrivent à maturité, elles s'ouvrent, quelle que soit l'heure de la journée ou de la nuit (AKORODA, 1985 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993). Une fois ouvertes, les fleurs femelles ne se referment pas. Tout porte à croire que pour ces fleurs, il n'y a pas d'heure préférentielle d'ouverture, contrairement aux fleurs mâles. En 3 ou 4 jours, le maximum de fleurs d'une plante femelle est ouvert. Le délai entre l'apparition des boutons inflorescentiels et l'ouverture des fleurs mâles ou femelles sur un pied donné varie de 18 à 30 jours en moyenne et exceptionnellement à plus de 50 jours.

Bien que, de façon générale, l'émission des boutons inflorescentiels ainsi que le début de l'ouverture des fleurs soit plus précoce chez les mâles que chez les femelles, on retrouve des fleurs mâles et femelles à ouverture synchrone (ZOUNDJIHEKPON, 1993). On reconnaît alors trois groupes de plantes :

- des variétés (mâles et femelles) à ouverture précoce des fleurs ;
- des variétés (mâles et femelles) à ouverture des fleurs de durée intermédiaire ;
- des variétés (mâles et femelles) à ouverture tardive des fleurs.

Ainsi, le décalage de floraison, souvent évoqué pour justifier l'échec des hybridations (AYENSU et COURSEY, 1972 ; ASIEDU, 1992 ; SEGNOU *et al.*, 1992), ne constitue pas un obstacle insurmontable, si on dispose d'une bonne connaissance du matériel végétal.

## Les grains de pollen et la pollinisation

Le nombre de grains de pollen par anthère ou par fleur et la taille des grains sont des caractéristiques variétales. Ainsi, pour le complexe *D. cayensis-rotundata*, le nombre varie entre 20 et 105 par anthère. Le grand axe du grain varie entre 10,5 et 23 micromètres, et le petit axe, entre 10 et 17 m (MIEGE, 1965 ; ZOUNDJIHEKPON, 1991, 1993). La taille des grains de pollen de ce complexe cultivé, et leur proportion relative dans une même préparation sont en relation avec le niveau de ploïdie de la plante qui les a produit. Plus le niveau de ploïdie est élevé, plus la proportion de grains de pollen de grande taille est élevée.

En ce qui concerne l'étude de la viabilité des grains de pollen, les tests de coloration au carmin acétique et à la safranine glycinée ne donnent pas de résul-

tats clairs et précis. Seule la technique d'Alexander permet de différencier aisément les grains de pollen viables de ceux qui ne le sont pas. Le test de germination *in vitro* des grains de pollen indique que le taux de germination de ces grains varie de 2 à 65 % selon les variétés considérées (OKEREKE 1977 ; KOUAKOU, 1987 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993). La forme de l'extrémité des tubes polliniques peut être allongée ou globuleuse. On n'observe pas de correspondance entre la viabilité des grains de pollen mesurée par coloration et leur taux de germination *in vitro*. Pour la conservation du pollen, AKORODA *et al.* (1982) et AKORODA (1983 a) indiquent qu'une température de -5 ° à 10 °C et une hygrométrie de 0 % constituent les meilleures conditions.

Les grains de pollen des ignames sont pour la plupart collants. Mais des grains pulvérulents ont été observés par RICHARD (1992) et PIERRE (communication personnelle). La pollinisation de ces plantes est entomophile. Les Hyménoptères, les Diptères et quelques arachnides ont été identifiés comme étant les pollinisateurs potentiels, avec surtout les thrips : *Larothrips dentipes* (99 %) ; *Chirothrips* sp. et *Haplothrips* sp. (PITKIN, 1973 ; BOURNIER, 1983 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993).

Dans une journée, plusieurs milliers de thrips visitent un même pied d'igname. Le comportement des thrips étant fonction des conditions atmosphériques, leur efficacité à polliniser les fleurs femelles, qui ne sont réceptives que quelques jours, est très aléatoire. L'absence de thrips pourrait donc constituer un facteur limitant pour les hybridations naturelles des ignames. Mais il faut également tenir compte du fait qu'avec les fleurs à maturité (variété *Zrèzrou*), il y a toujours un certain taux (souvent 10 %) de microspores mononuclées (MBAINAISSEM, 1991).

Si AKORODA (1983b) et ZOUNDJIHEKPON (1993) indiquent que les fleurs femelles de *D. cayensis-rotundata* sont réceptives pendant 3 jours, NAIR *et al.*, (1987) observent que la réceptivité des fleurs femelles dure 7 jours. Pour les ignames comme pour la plupart des autres plantes allogames, les grains de pollen disponibles sont plus nombreux que les ovules (WYATT, 1983).

## Les fruits et les graines

Certaines variétés de *D. cayensis-rotundata*, fleurissent femelles sans jamais fructifier. C'est le cas d'*Afoubessou* en Côte d'Ivoire et de *Baniouré* au Bénin. Dans le cas de la première variété citée, des observations de 1990 à 1993 indiquent que ces fleurs ne s'ouvrent pas. Parmi les variétés fructifères, le taux de fructification est très faible, il varie souvent entre 0 et 10 %, et atteint parfois 30 % (SADIK et OKEREKE,

1975b ; AKORODA 1983b ; TOKPA, 1988 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993), c'est le cas de la plupart des plantes allogames (WYATT, 1983).

Les plantes issues des semenceaux de tête sont les plus fructifères. Le taux de fructification est une caractéristique variétale (DOKU, 1973 ; AKORODA, 1985 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993). A l'intérieur d'un même groupe variétal femelle, le taux de fructification varie en fonction des pieds considérés, de la variété mâle qui se trouve à proximité, et de la distance entre les pieds mâles et femelles. Si les pieds mâles et femelles sont portés par le même tuteur, le taux de fructification varie avec la position relative des inflorescences mâles et femelles. En effet, quand les autres conditions sont optimales, une distance minimale entre les inflorescences mâles et femelles portées par le même tuteur conduit à un taux de fructification pouvant dépasser 65 %. Le délai de fructification est également une caractéristique variétale. En Côte d'Ivoire, *Sopéré* est la première variété à fructifier.

La correspondance entre la phénologie des différents phénomènes physiologiques, liés à la biologie de la reproduction de *D. cayenensis-rotundata* et les données climatiques montre que les boutons inflorescentiels apparaissent pendant la grande saison des pluies. La période de pollinisation correspond à la fin de la saison des pluies, et la fructification, à la petite saison sèche, tandis que la maturation des fruits a lieu au cours de la petite saison des pluies. Cependant, il ne suffit pas que la floraison soit abondante et que les conditions climatiques soient réunies pour avoir un bon taux de fructification. Ainsi, malgré l'abondance de la floraison chez *Baniakpa* (mâle) et plusieurs variétés femelles au Nigeria, deux mille (2 000) croisements contrôlés réalisés en 1995 par MIGNOUNA (lita, communication personnelle) n'ont conduit qu'à une vingtaine de graines. A priori, ce faible taux de fructification serait d'ordre cytogénétique. En effet, les travaux de ZOUNDJIHEKPON et al. (1990) indiquent que *Baniakpa* est hexaploïde, alors que toutes les variétés femelles étudiées sont tétraploïdes.

En dehors de la ploïdie, les raisons du faible taux de fructification et de la présence de graines malformées sont multiples :

- la non-disponibilité des grains de pollen ;
- l'inefficacité des pollinisateurs ;
- la non-réceptivité du pistil ;
- la non-germination de grains de pollen ;
- l'arrêt de la croissance du tube pollinique ;
- l'arrêt du développement de l'embryon.

Certains auteurs signalent l'existence de parthénocarpie chez les ignames (TOKPA, 1988 et ZOUNDJIHEKPON, 1993).

Parmi les espèces sauvages, *D. abyssinica*, *D. prae-hensilis*, *D. mangenotiana*, *D. burkilliana*, *D. minuti-*

*flora*, *D. smilacifolia*, ainsi que parmi les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis-rotundata*, les fruits peuvent être aussi longs que larges. Leur graine est constituée d'un embryon central entouré d'une aile membraneuse. Dans le cas de *D. bulbifera*, *D. dumetorum*, *D. preussii*, *D. semperflorens*, *D. schimperiana* et *D. sansibarensis*, les fruits sont allongés. Avec les graines de *D. dumetorum* et *D. bulbifera*, l'embryon est situé à la base de l'aile membraneuse de la graine, tandis que l'embryon de *D. preussii*, est au centre d'une aile allongée de 3 à 4 cm de longueur.

L'application de benzyladénine, à une concentration de 0,8 % à la base des ovaires sur *D. dumetorum* et *D. cayenensis-rotundata*, entraîne une augmentation du taux de fructification. Ces fruits contiennent moins de graines si la benzyladénine est mise dans la lanoline et mise dans la vaseline, ce produit conduit à une diminution du taux de fructification (WILSON, 1982).

Le fruit des ignames est une capsule à 3 lobes. Le nombre de graines par fruit varie de 1 à 6. Certaines de ces graines peuvent être malformées. La période de dormance des graines d'igname varie de un à plusieurs mois. La germination des graines démarre une dizaine de jours après le semis et un maximum de germination est observé dans les trois semaines qui suivent (TROUSLOT, 1983 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993). Le taux de germination des graines de *D. cayenensis-rotundata* varie de 0 à 85 %, il est de 100 % pour *D. abyssinica* et *D. prae-hensilis*.

## Conclusion et perspectives

Que ce soit parmi les ignames cultivées ou les ignames sauvages africaines, on observe des plantes florifères. Le délai et l'intensité de la floraison varient avec les génotypes, la date de plantation, la nature des semenceaux, les conditions climatiques et l'état nutritionnel de la plante. La mise à fleurs des plantes d'igname, comme celle des autres végétaux supérieurs, fait appel aux concepts de « programme génétique » (DEMARLY, 1977) ou de « programme morphogénétique » (NOZERAN, 1986). L'horloge florale des ignames cultivées est fonction de l'origine génétique de la plante concernée et des facteurs physiques atmosphériques tout comme pour les autres végétaux (GORENFLOT, 1989).

Le décalage observé entre la mise à fleurs des variétés mâles et femelles, d'une part, et entre l'ouverture des fleurs mâles et femelles, d'autre part, peut être contourné par une bonne connaissance du matériel végétal. En effet, les variétés d'ignames *D. cayenensis-rotundata*, mâles ou femelles, peuvent se

subdiviser en trois groupes, selon la mise à fleurs et l'anthèse :

- les ignames précoces ;
- les formes intermédiaires ;
- les ignames tardives.

La pollinisation des ignames est entomophile. La période de réceptivité des fleurs femelles ne dépasse guère trois jours. Toutes les fleurs d'un même pied femelle s'ouvrent en quelques jours, alors que l'ouverture des fleurs d'un pied mâle peut s'étaler sur plusieurs semaines.

La connaissance du niveau de ploïdie et des caractéristiques de la biologie de la reproduction des variétés et des espèces d'ignames sont indispensables à l'utilisation de la voie sexuée pour l'amélioration des ignames.

Pour une meilleure connaissance de la biologie de la reproduction des ignames africaines, plusieurs axes de recherche doivent être poursuivis. Il s'agit entre autres, de :

- l'identification des variétés et des espèces d'ignames ;
- la modélisation de l'architecture des plantes d'ignames ;
- l'étude cytogénétique et surtout l'étude de la méiose des variétés et des espèces ;
- la détermination du sexe en utilisant des outils biotechnologiques comme la cytométrie en flux et l'hybridation *in situ* ;
- l'étude des conditions d'exploitation des monoïques pour l'amélioration des ignames ;
- l'utilisation des biotechnologies pour l'amélioration du taux de fructification et de graines bien formées, avec des fécondations *in vitro*, suivies de sauvetage d'embryons ;
- l'étude des conditions de conservation des grains de pollen pour la pollinisation des variétés n'appartenant pas au même groupe de précocité de floraison.

Les résultats de ces travaux devraient permettre une meilleure utilisation de la reproduction sexuée pour l'amélioration des ignames africaines.

## Références bibliographiques

AKORODA M.O., 1983a. Long-term storage of yam pollen. *Scientia Horticulturae* 20 : 225-230.  
AKORODA M.O., 1983b. Floral biology in relation to hand pollination of white yam. *Euphytica* 32 : 831-838.  
AKORODA M.O., 1984. Estimating pollen viability for controlled hybridization in white yam. *Crop. Res. (Hort. Res.)* 24 : 11-22.  
AKORODA M.O., 1985. Pollination management for controlled hybridization of white yam. *Seed Science*

and Technology 13 : 571-581.

AKORODA M.O., WILSON J.E., CHHEDA H.R., 1982. Fécondation artificielle, viabilité et conservation du pollen de l'igname blanche. In *Compte-rendu du 1<sup>er</sup> symposium triennal sur les plantes-racines de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales. Stratégies de recherches pour les années 1980. Ibadan, Nigeria, 8-12 septembre 1980. IITA-CRDI, Umudiké, Nigeria*, p. 200-205.

ASIEDU R., 1992. Hybridization of yams: a mini-review. *Tropical Root and Tuber crops bulletin* 6 (2) : 5-6.

AYENSU E.S., COURSEY D.G., 1972. Guinea yams. The botany ethnobotany, use and possible future of yams in West Africa. *Economy Botany* 26 (4) : 301 - 318.

BOURNIER A., 1983. Les thrips. Biologie, importance agronomique. Inra éditions, Versailles, France, 128 p.

BUFFARD-MOREL J., 1980. Contribution à l'étude des *Dioscorea* bulbifères de Côte d'Ivoire. Conditions de formation des tubercules aériens ou bulbifères. Thèse de doctorat d'université. Université nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, 125 p.

BULLE-LEGRAND M.-H., 1983. Etude de la floraison de quatre espèces d'ignames en vue d'une amélioration par la voie sexuée. Thèse de doctorat de troisième cycle. Université de Paris-Sud, Orsay, France, 158 p.

CHAILAKHYAN M. K., 1979. Genetic and hormonal regulation of growth, flowering and sex expression in plants. *American Journal of Botany* 66 : 717-736.

CHAMPAULT A., GUERIN B., TELLER G., 1985. Cytokinin contents and specific characteristics of tissue strains from three sexual genotypes of *Mercurialis annua*. Evidence for sex-gene involvement at callus-tissue level. *Planta* 166 : 429-437.

COURSEY D.G., 1967. Yams. An account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the *Dioscoreaceae*. *Tropical Agriculture Series*, Ed. Longmans, 229 p.

DAUPHIN-GUERIN B., TELLER B., DURAND B., 1980. Different endogenous cytokinins between male and female *Mercurialis annua*. *Planta* 148 : 124-129.

DEGRAS L., 1986. L'igname, plante à tubercule tropicale. Maisonneuve et Larose, Paris, France, 409 p.

DEGRAS L., 1982. Les problèmes d'amélioration génétique de l'igname vus à travers celle de *Dioscorea trifida* L. In *Compte-rendu de la conférence internationale sur l'igname*, MIEGE et LYONGA (Eds.) Buéa, Cameroun, 2 au 6 octobre 1978, p. 3-16.

DEMARLY Y., 1977. Génétique et amélioration des plantes. Masson, Paris, France, 287 p.

DIAN K., 1989. Effets de quelques phytohormones sur la floraison de trois groupes variétaux d'ignames du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. *Dea*



de biotechnologies et amélioration de production végétale. Université nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, 46 p.

DOKU E.V., 1973. Sexuality and reproductive biology in Ghanaian yam *Dioscorea* species cultivars. I. Preliminary studies. Third International Symposium on Tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 7 p.

DUMONT R., 1977a. Etude morphobotanique des ignames *Dioscorea rotundata* et *D. cayenensis* cultivés au Nord-Bénin. L'Agronomie Tropicale 32 (3) : 225-241.

DUMONT R., 1977b. Rapport d'activités. Inera, station de Farako-bâ, Haute Volta, 45 p.

EDEM U.E., 1975. Preliminary investigations into the effect of planting dates and types of setts on the flowering of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) varieties. In L'igname, plante à tubercule tropicale, DEGRAS, 1986. Paris, France, Maisonneuve et Larose, 409 p.

FADERIN B., 1991. Le contrôle de la floraison de l'igname africaine *Dioscorea cayenensis-rotundata* en vue de l'amélioration génétique. Thèse de doctorat, physiologie, biologie des organismes et des populations. Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France, 137 p.

FRANQUIN P., 1966. Le développement chez des espèces cultivées de jour court. Equations et déterminisme climatique. Cahier Orstom, série biologie 2 : 73-89.

FRANQUIN P., 1985. Compétition, développement morphogène du cotonnier et production de la plante. Acta oecologica 6 (20-2) : 153-167.

HAMON P., 1987. Structure, origine génétique des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* et domestication des ignames en Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat ès-sciences. Université de Paris XI, Orsay, France, 223 p.

HAMON P., DUMONT R., ZOUNDJIHEKPON J., TIO-TOURE B., HAMON S., 1995. Les ignames sauvages d'Afrique de l'Ouest. Caractères morphologiques. Orstom, Paris, France. 84 p.

HARLAN J.R., 1975. Les plantes cultivées et l'homme. Agence de coopération culturelle et technique. Conseil international de la langue française. Puf, Paris, France, 414 p.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE, 1971. Annual Report for 1970. IITA, Ibadan, Nigeria, p. 102-108.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE, 1992. Oeuvrer avec les paysans du Cameroun et du Rwanda. Nouvelles stratégies pour des cultures vivrières de base. IITA, Ibadan, Nigeria, 35 p.

KNUTH R., 1924. *Dioscoreaceae*. In Engler, Das Pflanzenreich 87 (4-43) : 1-387.

KOUAKOU A.M., 1987. Etude de quelques facteurs qui influencent la sexualité mâle chez les ignames du complexe *D. cayenensis-rotundata*. Mémoire de Daa. Option production végétale. Amélioration des plantes. Ensa, Rennes, France, 36 p.

MARTIN F.W., 1966. Sex ratio and sex determination in *Dioscorea*. The journal of heredity 57 : 95-99.

MBAINAISSEM.E., 1991. L'androgénèse du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*, cultivar Zrézrou. Dea de biotechnologies et amélioration de production végétale. Université nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, 68 p.

MIEGE J., 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* d'Afrique occidentale. Thèse de doctorat ès-sciences. Université de Paris, France, 266 p.

MIEGE J., 1965. L'appui de la palynologie dans la distinction des espèces africaines de *Dioscorea*. Webbia 19 (2) : 841-845.

MIGINIAC E., 1981. Travaux sur l'igname, effectués au phytotron du Cnrs. Séminaire International sur l'igname, 1980. Colloque Inra, Paris, France, p. 119-123.

NAIR S.G., ABRAHAM K., SREEKUMARI M.T., 1987. Stigma receptivity in White yam (*Dioscorea rotundata*, Poir.). In tropical Tuber Crops. In Proceedings of the National Symposium, 1985, p. 71-74.

NOZERAN R., 1986. Le mouvement morphogénétique spécialement chez les végétaux supérieurs pérennes. Naturalia monspeliensia : 415-430.

OKEREKE O.U., 1977. Germination of yam pollen in nutrient medium. Ghana J. Agric. Sci. O. 10 : 17 - 22.

PITKIN B.R., 1973. *Larothrips dentipes* (Thysanoptera thripidae) a new genus and species of thrips from yam flowers in Nigeria. Bull. Ent. Res. 62 : 415-418.

REFFYE de P., ELGUERO E., COSTES E., 1991. Growth units construction in trees: a stochastic approach. Acta Biotheoretica 39 : 325-342.

RICHARD C., 1992. Contribution à l'amélioration variétale de l'igname africaine *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Dea, Ecole normale d'ingénieurs des travaux de l'horticulture et du paysage, Angers, France, 65 p.

SADIK S., 1976. Methods for seed germination and seedling Establishment of yam. *Dioscorea rotundata*, Poir. IITA, Ibadan, Nigeria, 4 p.

SADIK S., OKEREKE O. U., 1975a. A new approach to improvement of yam *Dioscorea rotundata*. Nature 254 : 134-135.

SADIK S., OKEREKE O.U., 1975b. Flowering, pollen grain germination, fruiting, seed germination and seedling development of white yam, *Dioscorea rotundata*. Annals of Botany 39 : 597-604.

SEGNOU FATOKUN C.A., AKORODA M.O., HAHN S.K., 1992. Studies on the reproductive biology of

- white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). Euphytica 64 : 197-203.
- TOURE B., AHOUSOU N., 1982. Etude de comportement en collection des ignames (*Dioscorea* spp) dans deux régions écologiques différentes de la Côte d'Ivoire. In MIEGE et LYONGA : 23-30.
- TOKPA G., 1988. Amélioration variétale des ignames. Rapport annuel. Institut des savanes, Bouaké, Côte d'Ivoire, p. 7.
- TROUSLOT M.-F., 1983. Analyse de la croissance et morphogenèse de l'igname *Dioscorea* complexe *D. cayenensis*-*D. rotundata*. Thèse de doctorat d'Etat. Uer de recherche scientifique et technique. Université de Clermont-Ferrand II, France, 247 p.
- WILSON J.E., 1982. Progress in the breeding of yam. *Dioscorea* spp. In MIEGE J., LYONGA S.N., Yams-ignames. Clarendon Press Oxford : 17-22.
- WILSON J.E., LAWIN V., 1981. Relationships between seedlings and their vegetative progenies in white yam (*Dioscorea rotundata*). Coll. Colloque Inra, Paris, France, 269-278.
- WYATT R., 1983. Pollinator - Plant interactions and the evolution of breeding systems. In Pollination biology. Eds Real, L. Academic Press, London, UK.
- ZOUNDJIHEKPON J., 1991. Floral biology of cultivated yams of West Africa, *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Plant Sciences Today. Coll. Les colloques n° 59, Inra, Paris, France, p. 84.
- ZOUNDJIHEKPON J., 1993. Biologie de la reproduction et génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest, *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse de doctorat d'Etat. Université nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, 306 p.
- ZOUNDJIHEKPON J., ESSAD S., TOURE B., 1990. Dénombrement chromosomique dans dix groupes variétaux du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Cytologia 55 : 115 - 120.



# Sélection et évaluation préliminaire de clones d'igname pour une agriculture durable

R. A. DOSSOU

INRAB (Institut national des recherches agricoles du Bénin), CRA Nord Ina, BP 03, N'DALI, Bénin

## Introduction

L'igname demeure toujours une denrée de base au Bénin en dépit du support très faible apporté à la recherche et des multiples contraintes que rencontre sa production. Traditionnellement, la culture de l'igname se place en tête de rotation et, dans le meilleur des cas, revient encore une seule fois après une culture de céréales. Au-delà de cela, la terre devient impropre à la culture. Il y a alors nécessité de rechercher annuellement de nouvelles friches pour la culture de l'igname. Les variétés des producteurs ont été sélectionnées au cours des décennies pour ce type d'agriculture où elles bénéficient du tuteurage. Mais malheureusement, ce système contribue à la dégradation de l'environnement et est très peu favorable à la stabilité de l'agriculture.

Avec la pression démographique, les longues jachères où l'humus est bien constitué deviennent rares. Des variétés, autrefois largement cultivées, ont disparu ou sont menacées de disparition. Les raisons souvent évoquées par les producteurs sont la baisse du rendement due à la chute de la fertilité des sols, le goût médiocre, la sensibilité à la sécheresse, le faible pouvoir germinatif, la maturité très tardive, la sensibilité aux maladies et aux parasites surtout les cochenilles, les nématodes, et une espèce de termites (WANYERA *et al.*, 1997). Certains paysans, à la recherche de variétés plus adaptées, continuent la domestication de souches sauvages ou introduisent de nouvelles variétés à partir des pays limitrophes.

L'Inrab est actuellement en train de développer de nouveaux clones pour répondre aux attentes des producteurs. Les objectifs que visent cette sélection sont les suivants :

- créer de nouveaux clones d'igname n'exigeant pas de friche ni de tuteur pour donner un bon rendement et ayant une bonne aptitude à l'igname pilée ;
- contribuer à la protection de l'environnement.

## Matériels et méthodes

### Gestion de pépinières

Plus de 15 000 semences botaniques issues de pollinisation ouverte ou contrôlée sont collectées tous les deux ans sur les meilleures variétés femelles en milieu paysan ou introduites de l'ITA (Institut international d'agriculture tropicale). Ces semences sont pré-germées, soit directement dans la terre de surface ou dans des petits pots en liège contenant de la terre de surface tamisée.

Les plantules obtenues sont transplantées au stade de 2 ou 3 feuilles. Les écartements de transplantation sont de 0,50 m entre lignes et 0,25 m entre poquets sur la ligne. Les plantes sont tuteurées à l'aide d'une ficelle de coton afin de favoriser leur développement.

Les premiers tubercules sont récoltés sur les plantes n'ayant présenté aucun symptôme de maladies. Les

tubercules sont sélectionnés pour la tolérance à la pourriture, aux parasites (nématodes) et pour la forme. Le ou les tubercule(s) issu(s) de chaque semence constitue(nt) le point de départ d'un nouveau clone.

## Evaluation et sélection en plein champ

Les tubercules ainsi obtenus sont évalués et sélectionnés avec la participation des producteurs à chaque étape sur des parcelles ayant été cultivées consécutivement pendant au moins 5 ans dans plusieurs localités. Les plantations sont effectuées sur des buttes espacées de 1 m x 1m (soit 10 000 plants à l'hectare). Les plantes ne sont pas tuteurées.

Les tubercules entre deux saisons sont conservés dans une grange à étagères couvertes de pailles.

## Résultats

Des clones performants ont été sélectionnés à partir des semences botaniques sur des terrains moins riches, pour une forte densité (10 000 plants/ha).

Des clones donnent après deux ans de clonage plus de 25 t/ha. Il s'agit de : RB95/02391, RB95/01521, RB95/01364, RB95/00913, RB95/01311. TDr 131, TDr 747 et Omoya ont donné dans les mêmes conditions entre 13 et 14 t/ha.

Il existe la possibilité de sélectionner des clones à tubérisation multiple tels que RB95/01465, RB95/01609 avec une moyenne de 11 et 8 tubercules par plant contre 6,5 pour la variété Omoya.

### Schéma de sélection

1 <sup>re</sup> année	semences botaniques prégermination transplantation au champ sélection pour la tolérance aux maladies, parasites, forme de tubercule et bonne conservation.
2 <sup>e</sup> année	plantation sur vieux terrains Sélection. Mêmes critères qu'en première année
3 <sup>e</sup> année	multiplication par la technique de minifragments
4 <sup>e</sup> année	essai préliminaire de rendement sur vieux terrains
5 <sup>e</sup> année	essai avancé de rendement
6 <sup>e</sup> année	essai de rendement uniforme
7 <sup>e</sup> année	test en milieu paysan

Il faudra cependant passer toutes les étapes d'essais de rendement et de tests culinaires avant de tirer une conclusion.

## Conclusion

Les résultats ainsi présentés sont préliminaires mais porteurs d'espoir.

## Références bibliographiques

N.W.M. WANYERA, R. ASIEDU, F.M. QUIN, J.A. OTOO, E.K. N'KPENU, R.A. DOSSOU, 1997. Indigenous knowledge of *Dioscorea* spp. in West Africa. Rapport d'enquête, IITA, 47 p.

# **T**ime, temperature and intercepted PAR influences on dry matter production of the greater yam (*Dioscorea alata* L.)

W. RODRIGUEZ M.

Universidad de Costa Rica, escuela de fitotecnia, Código Postal, San José, Costa Rica

D.E. LEIHNER

Institut für pflanzenproduktion in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim,  
70593 Stuttgart, Germany

## **I** Introduction

Root and tuber crops including several species of yam are well adapted to the humid tropics. Thus, the Greater Yam (*Dioscorea alata* L.) has become an important commodity in Costa Rica. With regard to functional growth analysis, there is a complete lack of information. The few experiments on this topic follow the classical approach established by WATSON (1947, 1952 and 1958) offering only limited possibilities to understand plant growth and yield formation of yam. Therefore, a functional approach was used in the present study.

## **I** Materials and methods

### **S**ite description

The field research was conducted during 1992-1994 at the experimental station Los Diamantes (60 m amsl), Guápiles (Limón), Costa Rica, with a mean annual temperature of 24.4 °C and a mean annual precipitation of 3 500 mm. The soil is classified as an Andic Dystropept with a pH of 5.4 and an intermediate fertility level.

## **I** Results

The growth curves (DM converted to glucose) were best estimated by a logistic function (1) for total DM and tuber yield and by a "bell shaped" function (2), for stems, leaves, and fallen leaves:

$$\ln \gamma(x) = \ln \left[ \frac{\alpha}{1 + e^{-\beta(x-\gamma)}} \right] \quad (1)$$

where  $\alpha$  is the maximum growth asymptote, controls the speed of growth or curvature and indicates the inflection point, i.e. change from accelerated to decelerated growth and

$$\ln \gamma(x) = \ln [\alpha^* e^{-\beta^*(x-\gamma)^2}] \quad (2)$$

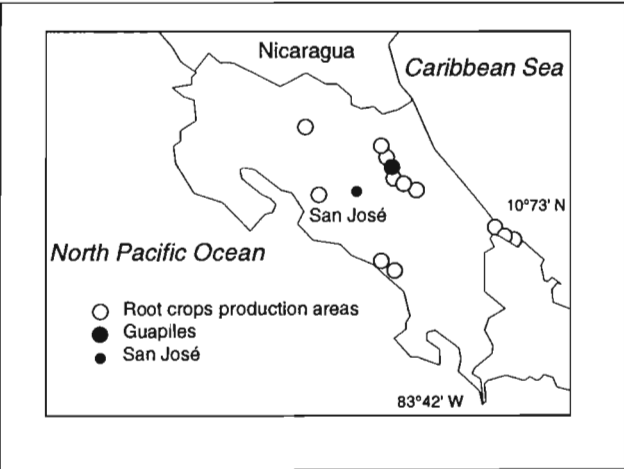
where  $\alpha$  and  $\beta$  have the same meaning as in equation 1 but  $\gamma$  indicates the value of  $x$  associated to the maximum growth rate or  $\alpha$ .

## **I** Discussion

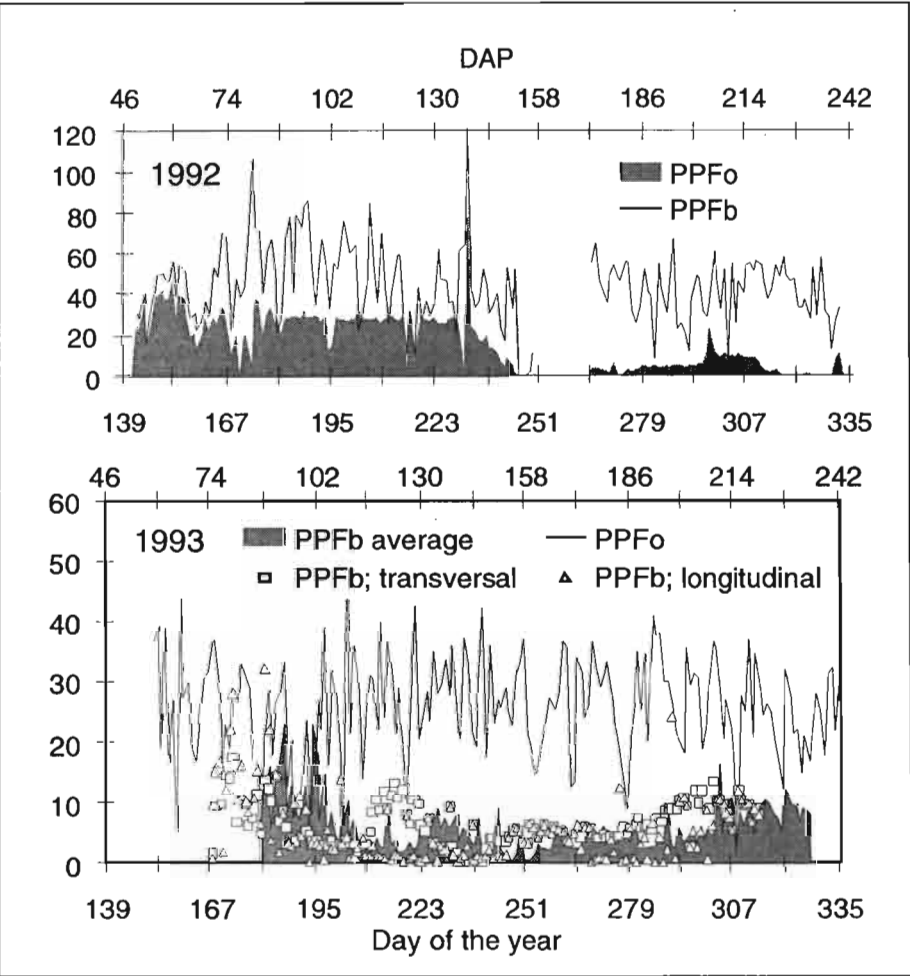
A preliminary conclusion from this study could be that there may be no single most adequate independent variable to describe the growth of all yam organs. The use of functions derived on the basis of relationships observed in 1992 to predict yam growth in 1993 implied a certain stability of these relation-

ships across a range of conditions. Yam growth and development depends on many factors susceptible to modification through changes in environmental conditions and crop management from year to year.

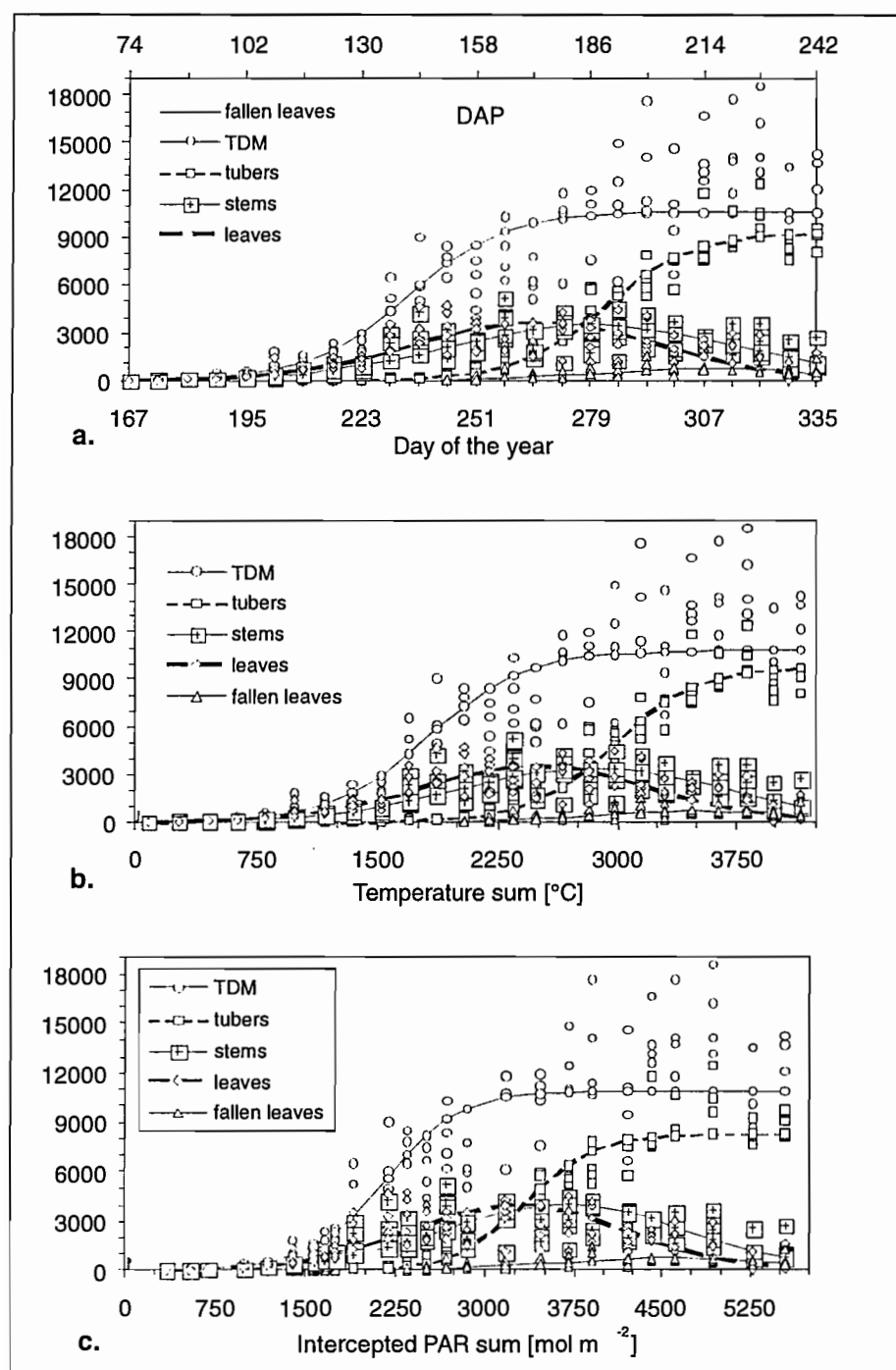
Using the variable time, which is measured without error and has a constant scale, allowed a fairly accurate prediction of parameters that could be useful for the simulation of growth processes in yam (figure 4).



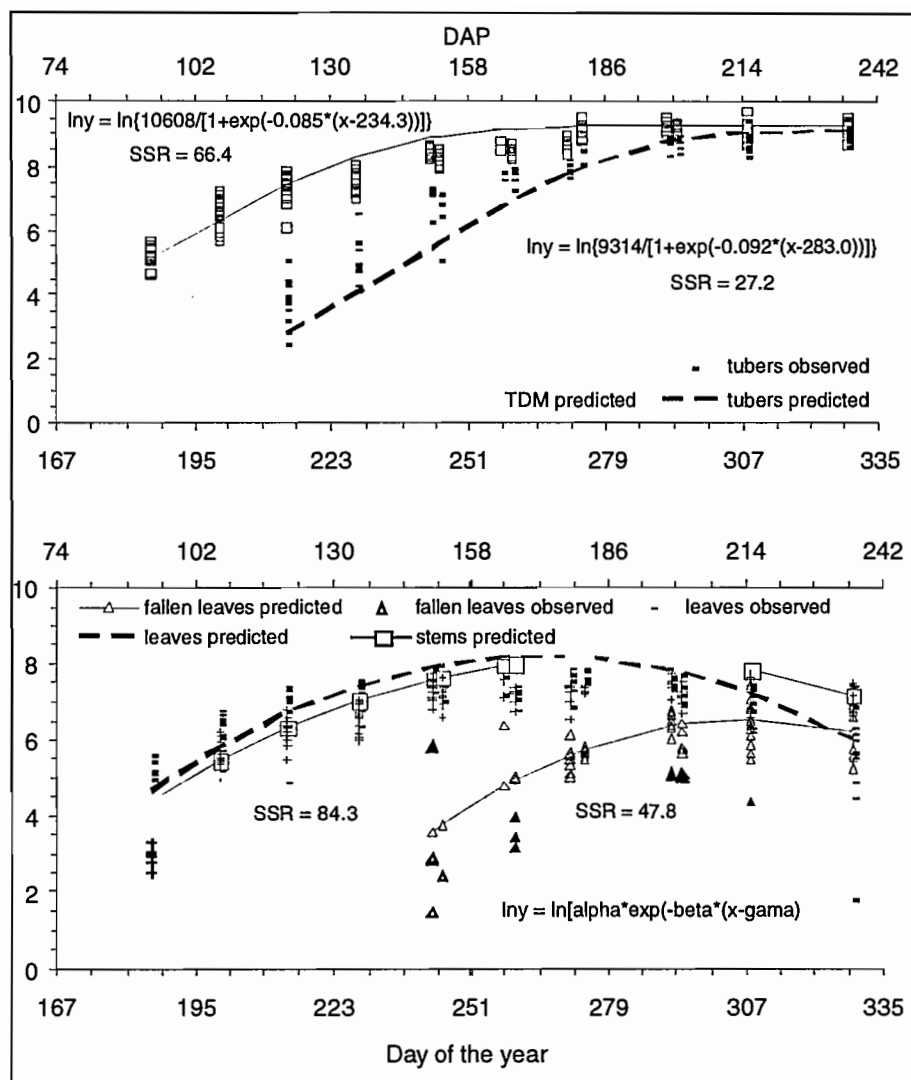
**Figure 1.** Map of Costa Rica and geographic location of experimental station Los Diamantes in Guápiles and main root crops production areas.



**Figure 2.** PAR integrated daily at ground level and at 0,5 m above the yam canopy in 1992 and 1993. Guápiles, Costa Rica. The grey areas indicate the photosynthetic photon flux (PPF) not intercepted by the canopy.



**Figure 3.** Glucose required for the production of TDM, tubers, stems, leaves and fallen versus: (a) day of the year, (b) temperature sum and (c) accumulated intercepted PAR in 1992. Guápiles, Costa Rica.



**Figure 4.** Prediction of glucose required for synthesis of yam tissues versus day of the year 1993 using the function parameters of 1992: (a) TDM and tubers, (b) leaves, stems, and fallen leaves. Guápiles, Costa Rica.

# **G**rowth Rates and Dry Matter Partitioning During Different Phenological Growth Stages of the Greater Yam (*Dioscorea alata* L.)

W. RODRIGUEZ M.

Universidad de Costa Rica, escuela de fitotecnica, Código Postal 2060, San José, Costa Rica

D. E. LEIHNER

Institut für Pflanzenproduktion in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim,  
70593 Stuttgart, Germany

## **I** Introduction

Information on functional growth analysis of *Dioscorea alata* L. is rather scarce, although this crop has become more and more important for many countries in the humid tropics. In particular, there is a lack of information on dry matter (DM) distribution within the plant during different phenophases.

## **I** Objectives

The objectives of this study were to (i) quantify yam DM production and partitioning according to phenological phases; (ii) determine absolute and relative growth rates for different plant parts during these phases and relate them to LAI development; (iii) use models derived from one year's observation to predict dry matter and yield in a subsequent year in order to test the validity and robustness of these models under varying environmental conditions.

## **I** Materials and methods

### **S**ite description

Climate: humid-tropical; annual average T 24.4 °C, 3,500 mm of precipitation

Location: experimental station Los Diamantes at Guápiles, Costa Rica; 10° 73'N, 83° 42'W

Soil: Andic Dystropept; pH 5.4, 5.2% O.M., 7.5 cmol (+) l<sup>-1</sup> CEC

### **T**rial description

The experiments were laid out as a CRBD with four replicates. The yam accession 6322 was planted on ridges. Plant spacing was 0.5 x 1.5 m (= 13,333 plants/ha).



## Phenological observations

Yam phenophases were recorded by simple observation:

Tuber dormancy: was broken, when >10 % of tubers sprouted.

Sprouting: > 90 % of planted setts showed foliage above-ground.

Tuber initiation: when primary nodal complex produced tubers heavier than 50 g on fresh weight basis.

Flowering: when one of two plants per plot produced a male inflorescence.

Tuber maturity: when white colour region at the bottom of at least 75% of tubers was less than 1 cm.

## Results

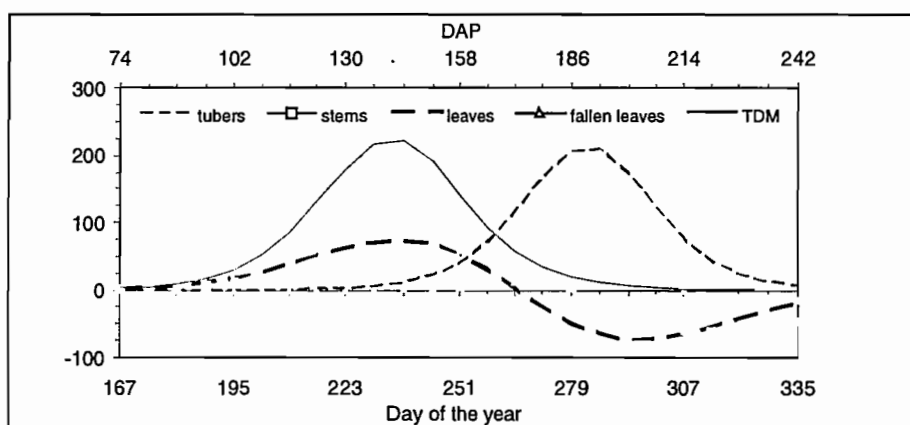
Data are presented in Figure 1-5. Absolute and relative growth rates (AGR; RGR) were calculated as

the first derivative of the non-linear regression models against time, based on 1992 data. Partitioning rate was defined as the quotient of the respective tissue RGR divided by the total RGR. The LAI-time relationship fitted best a bell-type regression model.

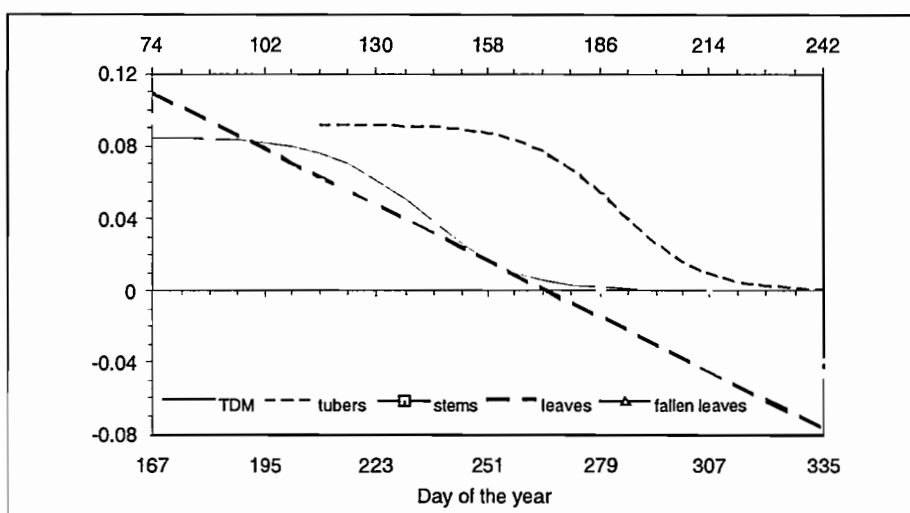
## Discussion

The data clearly showed that models based on functional growth analysis are superior to those derived from linear regressions. A sharp decline in leaf growth rates coincided with an increase in tuber growth, indicating that yam tuber growth depends on an internal translocation of assimilates. This is well confirmed by the fact that tuber RGR is an exact reflection of total biomass RGR.

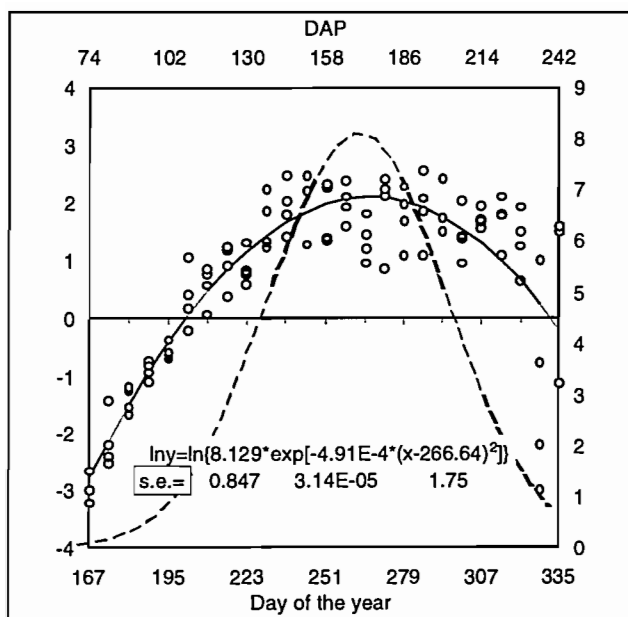
The partitioning rate of fallen leaves and tubers during the last 50 days of the growth period indicated that the yield performance of *D. alata* may be increased by a reduced leaf area and a prolonged leaf life-span.



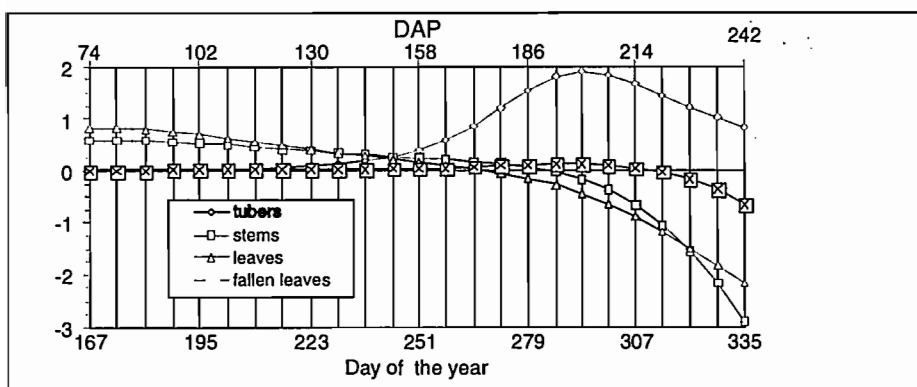
**Figure 1.** Absolute growth rate (AGR) of different plant components of yam in 1992. Guápiles, Costa Rica.



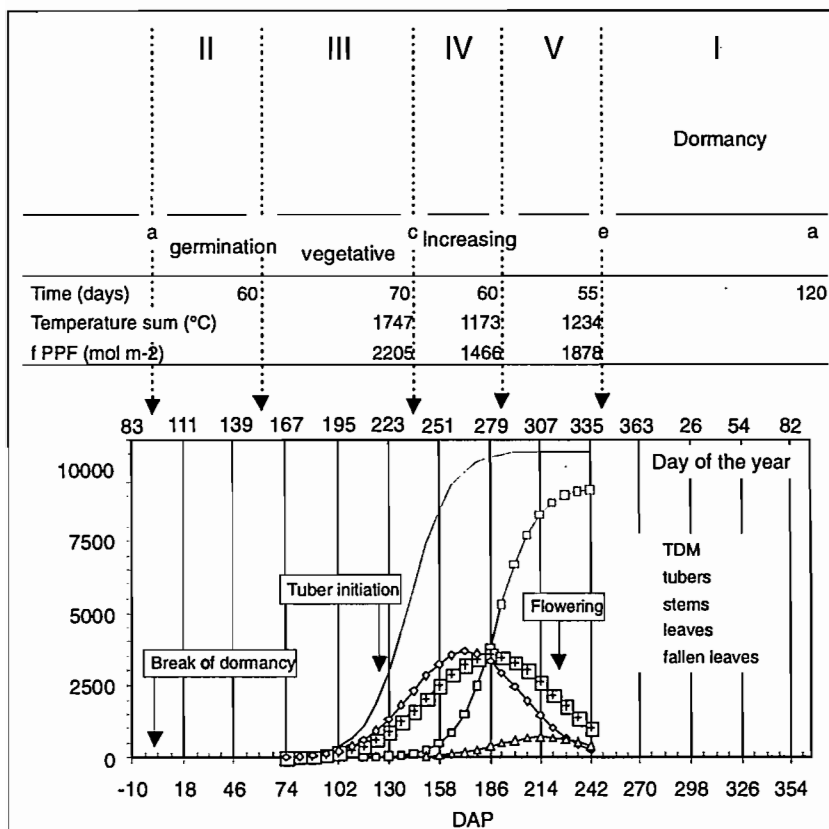
**Figure 2.** Relative growth rate (RGR) of different plant components of yam in 1992. Guápiles, Costa Rica.



**Figure 3.** Leaf area index (LAI) evolution versus time in 1992. Broken lines show the non-transformed values. Guápiles, Costa Rica.



**Figure 4.** Partitioning rate of glucose requirements for synthesis of different yam tissues in relation to time during 1992. Guápiles, Costa Rica.



**Figure 5.** Phenological phases of yam based on the growth analysis of 1992. Guápiles, Costa Rica. Phases were distinguished by the following phenological events: (a) Dormancy break of tubers; (b) > 90% of plants germinated; (c) maximum growth rate of total biomass; (d) maximum growth rate of tubers; (e) > 75 % tuber maturity.



# Seed Rate and Plant Population Effects on Dry Matter Production and Canopy Dynamics of the Greater Yam (*Dioscorea alata* L.)

W. RODRIGUEZ M.

Universidad de Costa Rica, escuela de fitotecnica, Código Postal 2060, San José, Costa Rica

D. E. LEIHNER

Institut für Pflanzenproduktion in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim,  
70593 Stuttgart, Germany

## Introduction

Efficient interception of solar radiation by the crop canopy requires adequate, uniformly distributed leaf area to give complete ground cover. This is achievable by manipulating stand density and its spatial arrangement. In the case of vegetatively propagated crops, the seed rate (t/ha) has to be considered as well. For yams, studies on the optimal relationship between yield and stand densities concentrate on the number of plants per unit area only. So far, seed rate effects due to a changing sett weight on yield performance have not been investigated.

## Objectives

The objectives of this study were (i) to evaluate the factorial effects of seed rate and plant population on yield and canopy dynamics of yam and (ii) to integrate these factors into a more comprehensive model describing crop physiology and yield formation of yam, as suggested by ONWUEME and HAVERKORT (1991).

## Materials and methods

An experiment was carried out on an Andic Dystrupt at Los Diamantes experimental station near Guápiles (10° 73'N, 83° 42'W), Costa Rica.

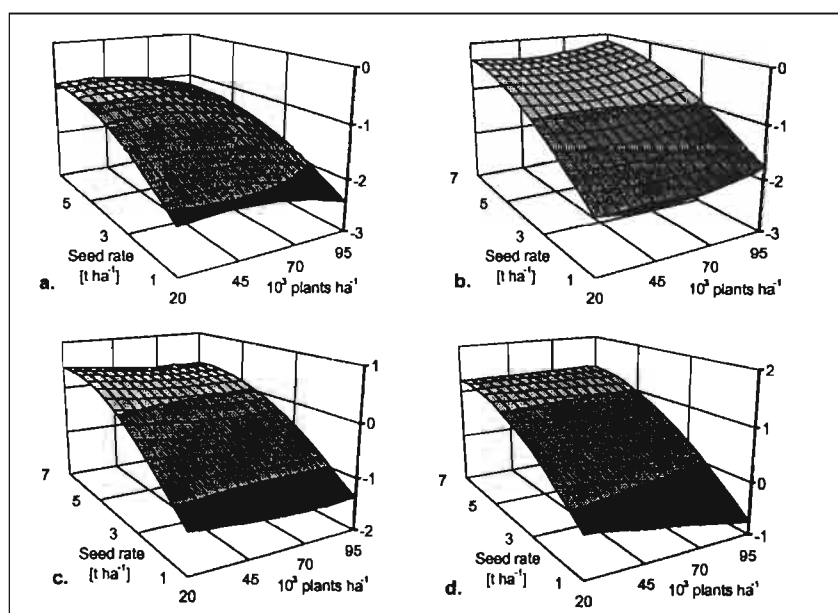
The experiment was laid out in a CRBD with four replicates. The treatments were four seed rates (1, 3, 5 and 7 t/ha) and four planting densities (20, 45, 70 and 95 x 103 plants/ha). Plot size was 4 x 3 m. The trial was planted on May 25, 1992 and harvested on December 12, 1992. Harvested tubers under 400 g of fresh weight were considered non-commercial. LAI was measured with a "fish-eye" sensor (LI-COR, LAI 2000), the photosynthetic photon flux was determined above and below the canopy with quantum sensors (Skye instruments) and tube solarimeters (LI-COR) to calculate the LTR.

## Results

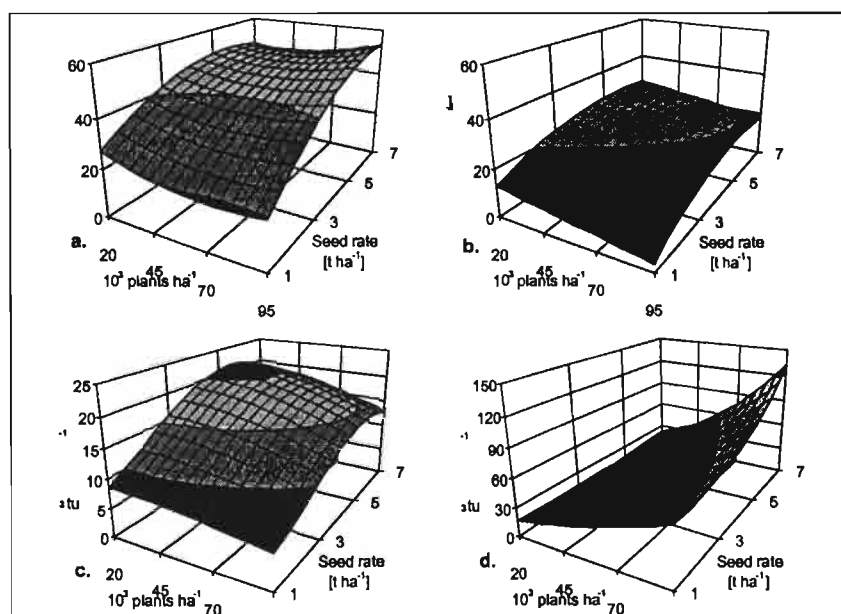
Data were analysed with the response surface regression (RSREG) model of SAS (1989). The lack of fit test supported the data description as surface responses. The ANOVA confirmed that the seed rate main effect was significant for LAI, whereas the number of tubers was affected by both plant population and seed rate (figure 1).

## Discussion

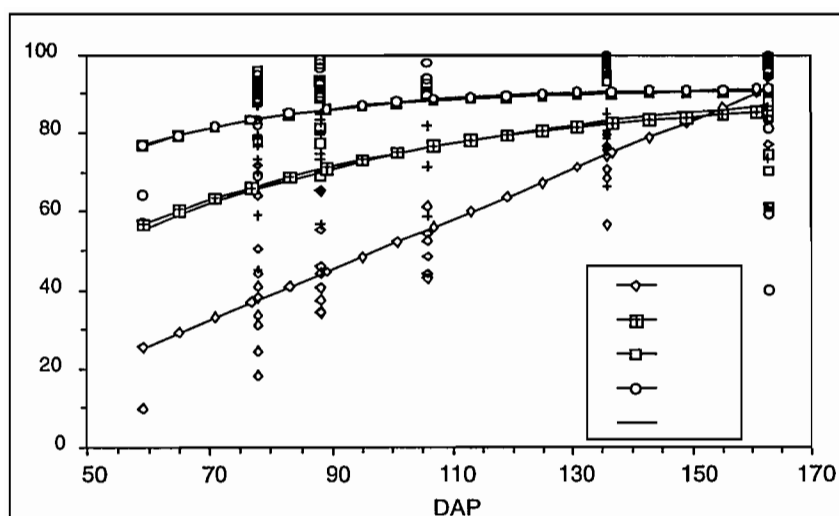
Large setts had greater growth rates during early plant growth, producing a greater LAI. This, however, lead to stronger internal competition during later growth stages with consequences for the tuberisation. Larger seed rates and plant population produced smaller tubers and vice versa. The ridge analysis showed that the optimum of commercial tubers was achieved with a seed rate of 5.1 t ha<sup>-1</sup> and a plant population of 22,500 plants ha<sup>-1</sup>.



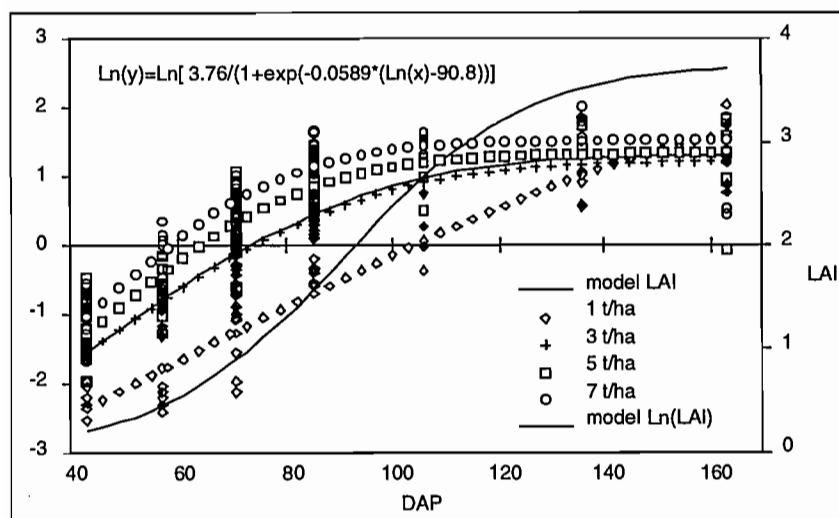
**Figure 1.** LAI surface responses to seed rate and plant population at (a) 43 DAP, (b) 57 DAP, (c) 71 DAP, and (d) 85 DAP. Guápiles, Costa Rica.



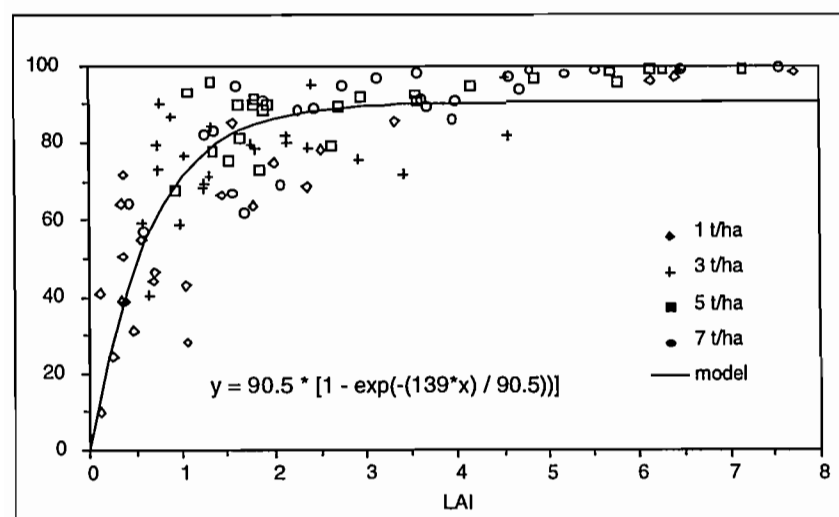
**Figure 2.** Yield surface responses to seed rate and plant population: (a) tuber yield, (b) commercial tuber yield, (c) no. of commercial tubers, and (d) no. of non-commercial tubers. Guápiles, Costa Rica.



**Figure 3.** The seasonal pattern of light interception by yam canopies at different seed rates. Guápiles, Costa Rica. The solid line represents the pooled regression model considering LTR measurements from the four different seed rate treatments.



**Figure 4.** The seasonal pattern of yam LAI. Guápiles, Costa Rica. The solid line represents the pooled model considering LAI measurements from all four seed rate treatments. The dashed line represents LAI values for the pooled model without logarithmic transformation using the scale on the right axis.



**Figure 5.** The interception of incident light by yam canopies of different LAI. Guápiles, Costa Rica. The different symbols indicate varying seed rate treatments. The different symbols indicate varying seed rate treatments.





# A fungal defense gene of *Dioscorea bulbifera* L: its sequence, promotor and transcriptional regulation

R. ROMPF, R. TERAUCHI, K. GUNTER

Plant Molecular Biology, Biocentre, University of Frankfurt/Main, Germany

Yield losses due to various pathogens is a serious problem in yam cultivation. Fungal diseases alone account for annual losses of 30-40% in Nigeria. The ascomycete *Colletotrichum gloeosporioides* is one of the major fungal pathogens causing necrotic symptoms (anthracnosis) on yam leaves that severely reduce photosynthesis and finally lead to collapse of the leaves. Our objective is the characterization of yam genes induced during and after infection with *Colletotrichum gloeosporioides*.

Following pathogen attack many plants activate defense-related genes coding for enzymes involved in phenylpropanoid metabolism, e.g. phenylalanine-ammonia lyase (PAL), or hydrolytic enzymes like chitinases,  $\beta$ -1,3 glucanases and various other proteins. Polypeptides which are not present in healthy plants, but synthesized only in response to pathological or related stress situations are coined «pathogenesis related» (PR) proteins.

Apart from pathogen infection, plant defense responses can be triggered by elicitors, e.g. fungal cell wall compounds, plant cell wall derived molecules, and a number of compounds including peptides, and salicylic acid. The defense reactions in fungus-infected leaves resemble those in elicitor-treated cell cultures as extensively shown in parsley.

We have established *Dioscorea bulbifera* cell suspension cultures to study the induction of defense-related genes upon elicitation with a cell wall preparation of *Colletotrichum gloeosporioides*. In order to elicit defense responses, autoclaved and washed cell wall fragments of *C. gloeosporioides* were added to the

cultures and lead to an accumulation of phenylpropanoids.

A PCR-approach was used to clone an elicited cDNA fragment from yam (called PRP-4). The cloned PCR product contained an open reading frame of 453 bp.

The amino acid sequence of the yam PR-4 protein shows 72-79% homology to other proteins belonging to the PRP-4 group. These proteins are supposed to function actively in plant defense against pathogens.

The expression pattern of yam PRP-4 mRNA was analyzed in Northern blot experiments. A yam PRP-4 cDNA probe was hybridized to blots containing total RNA from elicited cell cultures and RNA isolated from leaves, that were spread with fungal cell wall elicitor and subsequently wounded. We could show, that yam PRP-4 mRNA is rapidly induced upon elicitation and the observed expression patterns suggest a function of yam PR-4 protein in the defense against the anthracnose pathogen.

To estimate the copy number of PRP-4 genes in *Dioscorea bulbifera* we performed Southern blot analyses and found yam PRP-4 to be encoded by a small multigene family of 2-7 members.

For isolation of the yam PRP-4 promotor a modified TAIL (thermal asymmetric interlaced)-PCR method was used. Three gene-specific primers in nested position and several 10-mer primers were used to amplify the 5' -flanking region of the PRP-4 gene. Three rounds of PCR were performed by using the product of the previous PCR as template for the next, employing the common arbitrary primers and

the three nested gene-specific primers in a consecutive manner.

Sequencing of several cloned PCR-products detected two different sequences present in the *D. bulbifera* genome (PRP-4-1 and PRP-4-2). A deletion of 50 bases is characteristic for the promotor region of PRP 4-2. The coding region of PRP-4-1 shows 100% homology to the cloned cDNA fragment.

The PRP-4-1 promotor was used to drive the expression of the bacterial  $\beta$ -glucuronidase gene in a transient expression assay in *D. bulbifera* protoplasts. It was found to be three times more active than the 35S-promotor of the cauliflower mosaic virus.

Our study is the first example for the isolation of a defense-related gene from yam, that is similarly regulated in elicited cell cultures and leaves. Therefore, *Dioscorea bulbifera* cell cultures might serve as a model system to isolate defense-related yam genes.

Since the PRP-4 promotor is pathogen-inducible, it can be used for the expression of other defense-related proteins like chitinases,  $\beta$ -1,3 glucanases and AFPs in yam plants. An improved fungal resistance, as demonstrated for other plants overexpressing defense-related proteins, is also expected for transgenic yam.

## References

- R. ROMPF, G. KAHL. MRNA differential display in agarose gels. *Biotechniques* 23:28-32 1997.
- R. ROMPF, G. KAHL. An elicitor induced cDNA from aerial yam (*Dioscorea bulbifera* L.) encodes a pathogenesis-related type 4 protein. *Plant Mol. Biol.* (submitted).

# Bilan des collectes de *Dioscorea abyssinica* et de *D. praehensilis*, en 1996 et 1997 ; première étape d'un programme d'étude des relations entre ignames sauvages et ignames cultivées au Bénin

S. TOSTAIN, O. DAINOU

Orstom, Unb, 08 BP 538, tri postal, Cotonou, République du Bénin

Un programme conjoint Orstom (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération)-Unb (Université nationale du Bénin, Cotonou) a débuté en octobre 1996 au Bénin.

## Principaux objectifs

- l'étude de la diversité génétique des espèces *Dioscorea abyssinica* et *D. praehensilis* et l'estimation des distances génétiques entre ces deux espèces en grande partie à l'origine des cultivars d'ignames ; une comparaison avec la diversité de ces mêmes espèces dans leur aire de répartition (figure 1) ;
- l'estimation de la taille et des flux de gènes entre compartiments au Bénin ; en effet, comme dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, plusieurs « compartiments génétiques » peuvent être définis (figure 2) ;
- l'évaluation de l'intérêt agronomique des formes sauvages comme source de gènes dans la sélection des ignames africaines ;
- l'étude des moyens d'une gestion durable des ressources génétiques des ignames sauvages et des ignames cultivées africaines, en particulier par une conservation *in situ*.

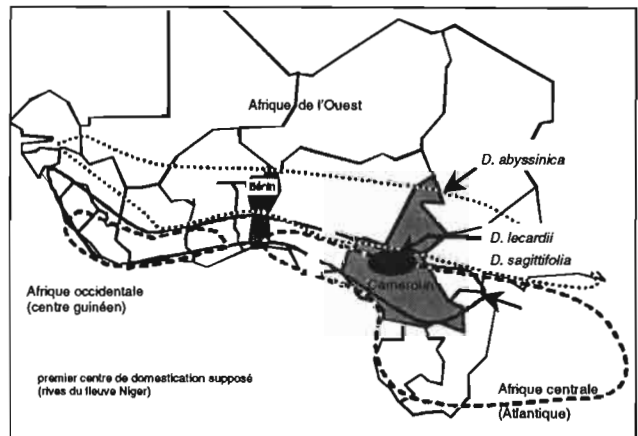
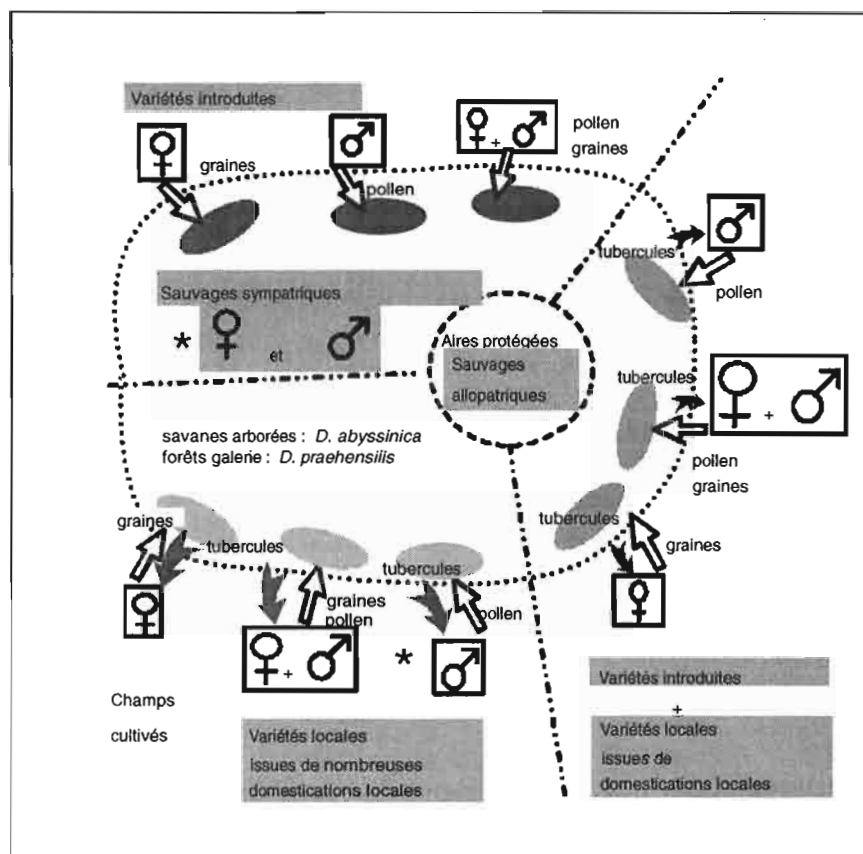


Figure 1. Aires de répartition des espèces d'ignames sauvages étudiées *D. praehensilis* et *D. abyssinica*.

## Premiers résultats

On constate que 403 accessions ont été collectées au Bénin fin 1996-début 1997 (tableau I et figure 3) sous forme de tubercules ou de fruits (environ 75 descendances de *D. abyssinica*).



**Figure 2.** Schéma des différents compartiments et des flux de gènes possibles entre espèces d'ignames, notamment au Bénin.  
\* : indiquent les compartiments prospectés fin 1996 début 1997.

Suivant l'écologie des sites de collecte, les caractéristiques des tiges et des tubercules récoltés, ces accessions sont réparties suivant le tableau I.

On peut faire les remarques suivantes :

- 85 % des ignames sauvages ont été collectés en savane arborée dont 92 % de type abyssinica et 68 % de type praezensilis ;
- la majorité des ignames de type praezensilis ont beaucoup d'épines sur les tubercules (89 %) et sur les tiges (92 %) ;
- 67 % des tubercules de type abyssinica sont de petite taille ;
- il existe des zones de sympatrie entre les deux espèces (dans la forêt de Sérrou, près de Djougou, entre Djougou et Ndali et dans la forêt de Pénes-soulou, au sud de Djougou) ainsi que quelques formes intermédiaires.

43 % des accessions de type abyssinica sont à chair

blanche, 62 % des accessions de type praezensilis sont à chair violette.

## Conclusion

Au Bénin, les ignames sauvages des espèces *D. abyssinica* et *D. praezensilis* sont prélevées par les populations locales, parfois dans le but de les domestiquer. Début 1997, la collecte de 304 accessions a été également réalisée au centre du Cameroun pour une comparaison avec les accessions du Bénin (comparaison des ignames du centre floristique guinéen et celles de la région atlantique). D'autres collectes sont prévues en 1998 surtout de *D. praezensilis* au sud du Bénin ; l'analyse à l'aide de marqueurs biochimiques (isozymes) a commencé en 1997 sur des plantules de *D. abyssinica*.

# Rapport de synthèse de la session III. La plante

R. DUMONT

Les communications sur le sujet peuvent être ramenées à deux thèmes. L'un concerne la connaissance de la plante et l'autre s'articule autour des méthodes utilisées pour améliorer la plante.

Mme Hamon et M. Lebot nous ont exposé les techniques utilisables pour appréhender et décrire la diversité génétique des ignames. L'utilisation des descripteurs morphologiques est une étape nécessaire. L'électrophorèse des enzymes fournit de bons résultats tout en étant facile à mettre en œuvre mais des limites existent encore en ce qui concerne l'application de la technique. D'autres types de marqueurs génotypiques ont été utilisés avec succès sur l'igname. Chacun d'eux éclaire de façon particulière la diversité génétique de la plante. On possède aujourd'hui les outils permettant de bien caractériser les ressources génétiques des ignames. Il est possible d'avoir la connaissance fine du matériel végétal qui est un préalable indispensable à l'amélioration génétique de l'igname notamment par voie sexuée.

Mme Zoundjihekpon nous a précisé que les ignames africaines, sauvages et cultivées, sont florifères à quelques exceptions près. L'intensité de la floraison est un caractère lié au génotype et aux facteurs environnementaux. Le décalage entre la floraison mâle et la floraison femelle n'est pas un obstacle car la bonne connaissance du matériel végétal et de son maniement permettent d'obtenir la synchronisation des floraisons.

M. Zinsou nous a expliqué le fonctionnement biologique de la plante igname. Les phénomènes de la plante ont été délimités en rotation avec le phénomène de photopériodisme. Les paramètres qui déterminent le rendement à travers le fonctionnement du végétal ont été présentés parallèlement aux facteurs de l'environnement. En termes agronomiques, un rendement élevé s'obtient avec une plante ayant un développement foliaire important et capable de fonctionner sur une longue durée de temps sans perturbations physiologiques importantes.

Pour ma part, je vous ai parlé de mes observations concernant la domestication. Ce qu'il faut d'abord retenir est que la domestication de l'igname se pratique aujourd'hui encore. Il est important de comprendre ce qui se passe. On a probablement là une source de connaissance qui pourra être utilisée pour l'amélioration génétique de l'igname par voie sexuée.

En ce qui concerne l'amélioration génétique des ignames, M. Akorada a rappelé les grands principes guidant la sélection dirigée vers les ignames. Les objectifs visés sont le rendement, la taille et la forme des tubercules, la résistance aux maladies et la qualité organoleptique. A l'issue de cet exposé, on constatera qu'on possède aujourd'hui très peu d'informations sur la possibilité de créer de nouvelles variétés d'ignames en utilisant la voie sexuée.

MM. Mantell et Boccon-Gibod nous ont présenté un large panorama des possibilités offertes par les biotechnologies pour améliorer la connaissance et les performances agronomiques du matériel végétal ignames. On soulignera le domaine extrêmement vaste des améliorations proposées. On a tout particulièrement relevé le succès obtenu dans la régénération des embryons somatiques qui ouvre la voie aux créations transgéniques.

M<sup>me</sup> Pierre, de l'Inra Guadeloupe, a montré l'existence d'une pollinisation naturelle sur l'espèce *D. alata* et la possibilité de contrôler cette pollinisation. Il est par ailleurs apparu que la stérilité est indépendante du niveau de ploïdie. Sur la base de cette conclusion, il faut réorienter les études afin de pouvoir contourner la stérilité des femelles hexaploïdes qui sont une source de résistance à l'antracnose.

M. Malaurie indique que pour assurer la sécurité de la conservation, il faut associer la conservation au champ, la conservation *in vitro* et la conservation des graines quand c'est possible. Pour le transfert de matériel végétal, la vitroculture est le moyen le plus efficace parce qu'il permet la sanitation.



Session IV

**Le produit**







# Diversification des utilisations des ignames : usage pharmaceutique traditionnel

L. AKE ASSI

Centre national de floristique, 22 BP 582, Abidjan, Côte d'Ivoire

**Résumé** — A côté de leur valeur alimentaire, les ignames renferment une forte proportion de magnésie qui aurait une action sur le cancer (STANER et BOUTIQUE, 1937). Cinquante-huit drogues ont été répertoriées à partir de diverses espèces d'ignames. Avec 26 recettes, *Dioscorea bulbifera* se révèle l'espèce la plus utilisée dans la pharmacopée traditionnelle tropicale. Elle entre dans 5 préparations en Inde, 3 au Brésil, 3 à Java, 2 en Haïti et 13 en Afrique intertropicale. La deuxième plante, numériquement importante pour les recettes médicamenteuses, est *Dioscorea dumetorum* avec 11 drogues. Vient en troisième position, *Dioscorea smilacifolia* comprenant 6 recettes. *Dioscorea alata* et *D. sansibarensis* donnent chacune 4 médicaments. On connaît, en Guadeloupe, 3 remèdes provenant de *Dioscorea cayenensis*. Les autres espèces d'ignames, africaines, ne servent à préparer, chacune, qu'un seul remède ; ce sont : *Dioscorea lecardii*, *D. minutiflora*, *D. preussii*, *D. togoensis*. Il est intéressant de noter, dans l'utilisation des diverses espèces d'ignames en tant que médicaments, des recoupements inopinés d'un pays à un autre.

**Abstract** — Diversification of the uses of yams: traditional pharmaceutical uses. Beyond their nutritive value, yams contain a high level of magnesia that could have an effect regarding the cancer. Fifty eight drugs have been reported from different yams species. With 26 recipes, *Dioscorea bulbifera* appears the main species involved in traditional pharmaceutical use from tropical regions. It is part of 5 preparations in India, 3 in Brazil, 3 in Java, 2 in Haiti and 13 in intertropical Africa. The second plant, important for medicinal use is *Dioscorea smilacifolia*, comprising 6 receipts. In Guadeloupe, 3 remedies issued from *Dioscorea cayenensis* are known. The other African yam species are only used for a sole remedy, these are: *Dioscorea lecardii*, *D. minutiflora*, *D. preussii*, *D. togoensis*. It is interesting to notice that in the different yam species used as drugs, there exist unexpected linkages from one country to another.

## Introduction

En plus de leur valeur alimentaire, les ignames jouissent d'une propriété sur laquelle les hygiénistes ont insisté : elles renferment une forte proportion de magnésie qui aurait une action sur le cancer (STANER et BOUTIQUE, 1937). DE GRAER (1929) rapporte que dans le Haut-Uélé, au Zaïre, certaines ignames sont consommées contre la dysenterie. Certains cas d'empoisonnement par ingestion d'ignames vénéneuses ont été signalés dans la région de Stanley-ville (actuel Kisangani), au Zaïre, par GROSSOULE, en 1921. POBEGUIN signale, en 1912, qu'en Guinée, certaines ignames sont recherchées pour leurs propriétés rubéfiantes.

## Caractéristiques de la famille des Dioscoreaceae

La famille des Dioscoreaceae, bien représentée dans les régions tropicales et subtropicales, renferme 630 espèces inégalement réparties dans 6 genres : Averta, Dioscorea, Rajania, Stenomeris, Tamus, Tri-chopus.

Le genre le plus important, numériquement, est Dioscorea. En effet, il compte, à lui seul, environ 600 taxons de rang spécifique ou subs spécifique, dont une

cinquantaine en Afrique intertropicale. Les Dioscoreaceae sont généralement des lianes herbacées, rarement ligneuses, à tubercules ou à rhizomes ligneux plus ou moins épais. Feuilles alternes ou opposées, entières ou rarement palmatiséquées, cordiformes ou sagittées, généralement palminerves et réticulées, pétiolées. Inflorescences plus ou moins grandes, en épis, en grappes ou en panicules. Fleurs petites, épigynes, actinomorphes, unisexuées ou bisexuées. Périanthé souvent verdâtre, campanulé, comprenant 2 verticilles de 3 tépales soudés à la base en tube, auquel adhère l'ovaire, chez les fleurs femelles. Fleurs mâles à 6 étamines insérées en deux verticilles à la base du périanthé. Fleurs femelles à ovaire infère comportant 3 carpelles dont chacune des 3 loges renferme deux ovules axilles. Styles généralement au nombre de 3, ou rarement 1, libres ou cohérents. Fruits : généralement des capsules à 3 valves, ou rarement des baies. Graines souvent ailées albuminées.

## **Quelques espèces de *Dioscorea* (ignames) à usage pharmaceutique traditionnel**

### ***Dioscorea alata* L., Sp. Pl. 1033 (1753)**

Plante vigoureuse, glabre, à tubercule se renouvelant annuellement, souvent volumineux. Tige grimpante ou volubile, atteignant 15 m de longueur, quadrangulaire à ailée. Feuilles opposées, rarement alternes vers la base de la tige ; limbe simple, largement ovale, acuminé, profondément cordé à la base, mesurant de 6 à 20 cm de longueur et de 5 à 18 cm de largeur, comportant 7 nervures principales. Fleurs et fruits rarement présents. Originaire du sud-est de l'Asie, cette igname est, à présent, cultivée dans toutes les régions intertropicales.

#### **Usage**

En Côte d'Ivoire, pour remédier aux piqûres d'insectes, on recommande, en friction, une pâte faite à partir des feuilles fraîches. Les feuilles et les racines pétries donnent une pâte qui est prescrite, en application locale, sur les hémorroïdes.

En Afrique orientale, l'extrait des feuilles fraîches est utilisé, en application locale, contre les morsures de serpent.

Selon ACHART (1905), les tubercules séchés et pulvérisés serviraient, en Inde, au traitement des ulcères.

### ***Dioscorea bulbifera* L., Sp. Pl. 1033 (1753)**

Plante glabre, à tubercule renouvelé annuellement ou parfois dépourvue de tubercule. Tige volubile, lisse, atteignant 6 m de longueur. Feuilles alternes, limbe simple, largement ovale, cordé à la base, atténué au sommet en un acument, mesurant de 6 à 20 cm de longueur et de largeur. Inflorescence mâle en racème composé pendant, à axe principal mesurant de 12 à 20 cm de longueur, axillaire ; fleurs mâles habituellement solitaires, atteignant 3 mm de longueur comprenant 6 étamines. Inflorescence femelle en faisceau de 1 à 6 racèmes pendants mesurant 30 cm de longueur, axillaires ; fleurs femelles sessiles, solitaires, à périgone atteignant 1 à 2 mm de longueur. Fruit capsulaire, à profil oblong, atteignant de 2 à 3 cm de longueur et de 1,2 à 1,6 cm de largeur. Graines ailées unilatéralement, mesurant jusqu'à 10 mm de longueur. Bulbilles habituellement présentes à l'aisselle des feuilles. Espèce pantropicale, se rencontrant en Afrique intertropicale dans les formations secondaires, souvent le long des cours d'eau.

#### **Usage**

En République de Guinée, les bourgeons végétatifs sont utilisés contre l'impuissance sexuelle.

Au Sénégal, une pommade faite à partir des bulbilles écrasées dans de l'huile de palme est un médicament antiparasitaire employé contre les mycoses cutanées. Ce même remède est recommandé pour traiter les rhumatismes.

En Côte d'Ivoire, chez les Akyé de la région d'Adzopé, on utilise, en instillations oculaires, l'extrait des feuilles fraîches pour se tenir en éveil.

Au Bénin, l'extrait des feuilles fraîches écrasées est utilisé, en instillations buccales, en cas de dystocies.

Au Congo, la tige fraîche écrasée, avec celle d'*Ancistrophyllum secundiflorum* (Arecaceae) et de *Scleria boivinii* (Cyperaceae), donne une pâte servant, en application locale, à cicatriser les lésions cutanées lépromateuses. Le jus obtenu en coupant une grosse tige sert à soigner les ophtalmies purulentes. Il est parfois employé pour laver les plaies provoquées par une morsure de serpent. La plante intervient dans la confection du poison de flèches. L'extrait des feuilles fraîches sert à remédier aux maux d'yeux. La décoction des feuilles, en breuvage, est considérée comme diurétique.

Au Gabon, la pâte provenant des feuilles fraîches écrasées est employée dans le traitement des abcès.

En Afrique orientale, l'extrait des feuilles fraîches est employé, en instillations oculaires, contre la conjonctivite.

En Haïti, le tubercule râpé est utilisé, en application locale, pour soigner les abcès et les inflammations ganglionnaires.

Les tubercules sont prescrits, en Inde, contre les diarrhées et les hémorroïdes. On les conseille en application sur les blessures. Ces tubercules sont considérés comme un excellent diurétique. Le broyat des tubercules est employé, en brassage, dans les cours d'eau, comme ichtyotoxique.

La plante est utilisée, au Brésil et à Java, comme remède pour soigner la syphilis, la diarrhée et la dysenterie.

### ***Dioscorea cayenensis* Lam., Encycl. Meth. 3 : 233 (1789)**

Plante glabre, à tubercule situé près de la surface du sol, renouvelé chaque année. Tiges annuelles, volubiles, comportant de petites épines. Feuilles souvent alternes sur la partie inférieure des tiges, opposées sur la partie supérieure, ovales, mesurant de 6 à 12 cm de longueur et de 5 à 10 cm de largeur, profondément cordées à la base, acuminées, comportant de 5 à 7 nervures principales. Inflorescence mâle axillaire, à 1 ou 2 épis atteignant 6 cm de longueur. Inflorescence femelle axillaire, à 1 ou 2 épis courts. Fruits ailés, graines entourées d'une aile circulaire.

Espèce d'origine africaine, à présent abondamment cultivée dans toutes les régions intertropicales.

### **Usage**

Aux Antilles, contre les coliques intestinales, on donne à boire la décoction des feuilles fraîches. Appliquées sur les piqûres de Scolopendre, les feuilles fraîches apaisent l'inflammation. L'igname bouillie, réduite en purée fine peut être utilisée en cataplasme contre les brûlures qui sont vite soulagées. Renouveler le pansement vingt-quatre heures après, quand la douleur est soulagée. En peu de temps, la plaie se cicatrise. L'huile de coco, appliquée par la suite, en favorise la guérison.

### ***Dioscorea dumetorum* (Kunth) Pax, E. et P., Pflanzenfam., 2, 5 : 134 (1888)**

Plante à tubercule lobé, remplacé annuellement. Tige grimpante ou volubile, atteignant 10 m de longueur, pubescente ou villeuse. Feuilles alternes, composées-digitées à 3 folioles : foliole médiane symétriquement obovale, brusquement acuminée, cunée à la base, mesurant de 8 à 18 cm de longueur et de 5 à 10 cm

de largeur, poilues ; folioles latérales asymétriquement ovales, parfois lobées, brusquement acuminées. Inflorescence mâle en forme de racème composé densément ramifié, atteignant 12 cm de longueur, axillaire. Fleurs serrées les unes contre les autres, chacune à l'aisselle d'une bractée largement ovale, densément pubescente. Inflorescence femelle en forme de racème pendant, mesurant de 5 à 10 cm de longueur, tomenteux, axillaire. Fleurs petites ; ovaire densément pubescent, atteignant 7 mm de longueur. Fruits capsulaires à profil oblong, atteignant 4 cm de longueur et 2 cm de largeur, pubescents. Graines ailées unilatéralement, atteignant 2 cm de longueur.

Espèce répandue dans toute l'Afrique intertropicale.

### **Usage**

Au Sénégal, le tubercule est parfois employé en usage externe comme rubéfiant. L'eau de cuisson du tubercule de la variété jaune cultivée est employée en breuvage, en Côte d'Ivoire, contre l'accès fébrile. La consommation du tubercule cuit donne le même effet sur cette affection.

Au Bénin, la décoction aqueuse des feuilles est utilisée, en boisson, dans le traitement des vomissements, de l'ictère et de la diarrhée. En Afrique de l'Ouest, le tubercule est employé comme ingrédient, avec *Strophantus* sp. (Apocynaceae), dans la préparation de poison de flèches.

Dans la région de la Busia, au Zaïre, on fait état de la toxicité bien connue des bulbilles de cette plante.

En Afrique orientale, le tubercule est utilisé en application locale pour soulager les douleurs. En Tanzanie, la plante est utilisée comme remède contre la schistosomiase.

Les Zoulous, en Afrique du Sud, emploient des portions de tubercule, en mélange avec de la farine de maïs, comme appât, pour empoisonner les singes.

### ***Dioscorea lecardii* De Wild., Ann. Mus. Congo, Bot., sér. 5, 1 : 19 (1903)**

Plante glabre, à tubercule remplacé annuellement. Tige lisse, volubile, atteignant 7 m de longueur. Feuilles habituellement opposées, glauques, triangulaires-cordées, parfois auriculées à la base, atténuées au sommet, mesurant de 6 à 10 cm de longueur et de 2 à 4 cm de largeur, comportant de 5 à 7 nervures principales. Inflorescence mâle en panicule terminale d'épis verticillées. Fleurs mâles sessiles. Inflorescence femelle comportant des épis solitaires ou des groupes de 2 épis axillaires. Fleurs femelles brièvement pédicellées. Fruits capsulaires, à 3 ailes hémi-circulaires

brusquement et brièvement triangulaires à la base, glabres, de 1,5 à 2,5 cm de largeur. Graines à aile en anneau.

Espèce soudano-zambénienne, se rencontrant du Sénégal à la Côte d'Ivoire.

## Usage

Dans certaines régions, au Sénégal, le tubercule cuit avec un poulet, des feuilles et des racines de *Securidaca longepedunculata* (Polygalaceae) et de *Combretum glutinosum* (Combretaceae), constitue un plat anti-ictérique.

### ***Dioscorea minutiflora* Engler, Bot. Jahrb. 7 : 332 (1886) et 15 : 146 (1892)**

Plante glabre, à tubercule vivace et ramifié. Tige persistante, à partie inférieure souvent rampante et enracinée aux nœuds, volubile ou grimpante, à courtes épines éparses sur les entre-nœuds, atteignant 10 m de longueur. Feuilles habituellement opposées, parfois alternes, largement ovales à orbiculaires, obtusément cordées ou arrondies à la base, brièvement acuminées, de 5 à 12 cm de longueur et de 6 à 10 cm de largeur, coriaces, comportant 5 nervures principales. Inflorescence mâle comportant des faisceaux de 3 à 9 épis axillaires ou une panicule terminale.

Fleurs mâles sessiles. Inflorescence femelle comportant des racèmes solitaires axillaires. Fruits capsulaires, relativement grands, pruneux, à ailes hémi-circulaires brusquement décurrentes sur le pédicelle.

Espèce guinéo-congolaise que l'on trouve dans toute la région forestière de l'Afrique intertropicale.

## Usage

En Côte d'Ivoire, le tubercule pilé ou battu, mêlé avec du piment, est employé, en application locale, contre les piqûres de mygale en tant qu'anti-venin.

### ***Dioscorea preussii* Pax, Engler, Bot. Jahrb. 15 : 145 (1893)**

Plante pubescente, à tubercule enfoui profondément, remplacé annuellement. Tige volubile, largement ailée, atteignant 25 m de longueur et jusqu'à 1 cm d'épaisseur. Feuilles alternes, largement ovales, cordées à la base, brusquement acuminées, mesurant de 15 à 25 cm de longueur et de 15 à 25 cm de largeur, comportant 9 nervures principales. Inflorescence

mâle en faisceaux pendants de 1 à 5 racèmes atteignant de 10 à 25 cm de longueur, simples ou ramifiés, axillaires. Feuilles petites. Inflorescence femelle en épis pendants, solitaires axillaires, mesurant de 20 à 40 cm de longueur. Fleurs petites. Fruits capsulaires à profil oblong, étroitement ailés, atteignant de 4 à 6 cm de longueur et de 2 à 3 cm de largeur, velus à l'état jeune, devenant glabres. Graines à 2 ailes opposées, mesurant de 2,5 à 3,5 cm de longueur.

Espèce répandue dans toute la région forestière de l'Afrique intertropicale.

## Usage

Selon STANER et BOUTIQUE (1937), les tubercules servent pour les empoisonnements, au Bas-Congo (Bas-Zaïre).

### ***Dioscorea sansibarensis* Pax, Engler, Bot. Jahrb. 15 : 146 (1892)**

Plante glabre à tubercule remplacé annuellement. Tige volubile ou grimpante, cannelée ou à section arrondie, atteignant 7 m de longueur, pruneuse à l'état jeune. Feuilles opposées dans la partie supérieure, alternes dans la partie inférieure. Les feuilles basales souvent lobées ; les feuilles normales entières, cordées, à sommet longuement caudé, mesurant de 10 à 20 cm de longueur et de 12 à 45 cm de largeur, comprenant de 9 à 11 nervures principales. Inflorescences femelles comprenant de 1 à 3 par nœud, atteignant 80 cm de longueur ; fleurs femelles petites, subsessiles. Fruits mesurant de 5 à 6 cm de longueur et de 1,8 à 2,5 cm de largeur. Graines ailées aux deux extrémités.

Espèce afro-malgache, on la trouve en Afrique intertropicale, dans la région soudano-zambénienne.

## Usage

En Afrique centrale, le tubercule est bien connu comme étant un poison. On l'utilise aussi en tant qu'ichthyotoxique.

En Tanzanie, la décoction des racines est prescrite, en breuvage, contre l'épilepsie.

Le tubercule est utilisé, à Madagascar, comme poison d'épreuve.

Dans d'autres régions, le tubercule et les bulbilles sont employés pour empoisonner les rongeurs.

***Dioscorea smilacifolia* De Wild., Ann. Mus. Congo, Bot., sér. 1, 2 : 58 (1899) et sér. 3, 1 : 239 (1901)**

Plante souvent avec tiges stolonifères ; tiges aériennes vivaces, grimpantes ou volubiles, comportant des épines, atteignant 5 m de longueur. Feuilles coriaces, glabres, ovales-lancéolées, courtement cunées ou arrondies à la base, atteignant de 6 à 10 cm de longueur et de 4 à 7 cm de largeur, portant 3 nervures principales. Inflorescences en racèmes axillaires, rigides, comportant de 6 à 8 épis. Fruits pruinés, mesurant 2 cm de longueur et 3 cm de largeur, portant 3 ailes.

Plante de forêt dense humide, poussant dans les formations secondaires. On la trouve de la Sierra Léone jusqu'au Gabon.

## Usage

Pour soigner l'épilepsie, on utilise, en Côte d'Ivoire, l'extrait de 3 feuilles de la plante pour frictionner les tempes du malade.

Au Ghana, on emploie comme cicatrisant l'extrait des feuilles que l'on applique sur les blessures.

Au Gabon, le macéré aqueux des fragments de tige est employé, en association avec les écorces de tige de *Picralima nitida* (Apocynaceae), sous forme de lavement, contre les douleurs pelviennes.

Au Congo, pour soulager les céphalées, on utilise, pour se badigeonner la tête, une pâte faite à partir des feuilles. Le décocté de portions de tige est prescrit contre le vertige et la hernie étranglée.

***Dioscorea togoensis* Kunth, Engler, Pflanzern. Dioscoreac. 4, 43 : 299 (1924)**

Plante glabre à tubercule annuel. Tige volubile ou grimpante, sans épine, mesurant jusqu'à 5 m de longueur, comportant des taches rouges. Feuilles habituellement opposées, parfois alternes, glauques, coriaces, cordées ou arrondies à la base, souvent mucronées au sommet, atteignant de 6 à 10 cm de longueur et de 3,5 à 7 cm de largeur, comprenant de 5 à 7 nervures principales. Inflorescence mâle axillaire, comportant des faisceaux de 2 à 4 racèmes mesurant de 3 à 6 cm de longueur. Fleurs petites. Fruits ailés mesurant de 17 à 21 mm de hauteur et de 22 à 26 mm de largeur. Graines à aile en anneau. Parfois de petites bulbilles sont visibles à l'aisselle des feuilles.

Espèces de savane, poussant en Afrique de l'Ouest, depuis le Sénégal jusqu'au Nigeria.

## Usage

Le décocté aqueux des racines, en association avec celles d'*Ampelocissus bombycina* (Vitaceae), est employé en breuvage, au Bénin, dans les cas d'œdèmes.

## Conclusion

Notre contribution concerne 10 espèces d'ignames parmi lesquelles figurent 3 taxons à très large répartition géographique qui sont des plantes cultivées ; il s'agit de : *Dioscorea alata*, d'origine asiatique ; *D. bulbifera*, pantrropicale, comprenant cependant, une variété sauvage ; *D. cayenensis*, d'origine africaine, mais très répandue en Amérique centrale.

*Dioscorea sansibarensis* est afro-malgache.

Les 6 autres plantes sont exclusivement africaines. Parmi elles, 3 poussent en forêt dense humide : *Dioscorea minutiflora*, *D. preussii*, *D. smilacifolia* ; 2 s'accommodent de la forêt dense et de la savane : *Dioscorea dumetorum*, *D. togoensis* ; *Dioscorea togoensis* est caractéristique des savanes soudanaises.

Cinquante-huit drogues ont été répertoriées à partir de ces ignames. Avec 26 recettes, *Dioscorea bulbifera* se révèle l'espèce la plus utilisée dans la pharmacopée traditionnelle. Elle entre dans 5 remèdes en Inde, 3 au Brésil, 3 à Java, 2 en Haïti et 13 en Afrique intertropicale.

La deuxième espèce, dont on a de nombreuses recettes médicamenteuses, est *Dioscorea dumetorum*, avec 11 drogues.

Vient en troisième position, *Dioscorea smilacifolia* comprenant 6 recettes. *Dioscorea alata* et *D. sansibarensis* donnent chacune 4 drogues. On connaît, en Guadeloupe, 3 remèdes provenant de *Dioscorea cayenensis*. Les autres ignames, africaines, ne servent à préparer, chacune, qu'un seul médicament ; ce sont : *Dioscorea lecardii*, *D. minutiflora*, *D. preussii* et *D. togoensis*.

Il est intéressant de noter, dans l'utilisation des diverses espèces d'ignames en tant que drogues, des recoupements inopinés d'un pays à un autre. Ainsi, au Gabon et en Haïti, on soigne les abcès à partir des organes de *Dioscorea bulbifera*. Au Bénin, en Côte d'Ivoire et au Sénégal, on combat les accès fébriles avec *D. dumetorum* et *D. lecardii*. Au Bénin, au

Brésil, en Inde et à Java, *D. bulbifera* et *D. dumerotum* sont prescrites pour traiter la diarrhée. Au Congo et en Inde, on utilise comme diurétique *D. bulbifera*. Comme antivénin, on emploie, en Afrique orientale, aux Antilles, au Congo et en Côte d'Ivoire, les espèces suivantes : *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. cayenensis* et *D. minutiflora*. L'épilepsie se soigne, en Côte d'Ivoire et en Tanzanie, avec les organes de *D. sansibarensis* et de *D. smilacifolia*. En Côte d'Ivoire et en Inde, on utilise *D. alata* et *D. bulbifera* pour traiter les hémorroïdes. *D. bulbifera* et *D. sansibarensis* sont employées, en Afrique orientale et en Inde, comme ichthyotoxiques. On emploie, pour la préparation du poison en flèche, en Afrique de l'Ouest et au Congo, les organes de *D. bulbifera* et de *D. dumerotum*. En Afrique centrale et en Côte-d'Ivoire, on soigne les maux d'yeux avec *D. bulbifera*.

Notre étude n'a eu pour base que 10 des espèces de *Dioscorea* poussant en Côte d'Ivoire sur les 600 que regroupe le genre dans le monde. Afin de conforter notre argumentation sur l'identité d'utilisation pharmaceutique traditionnelle de ces plantes à travers

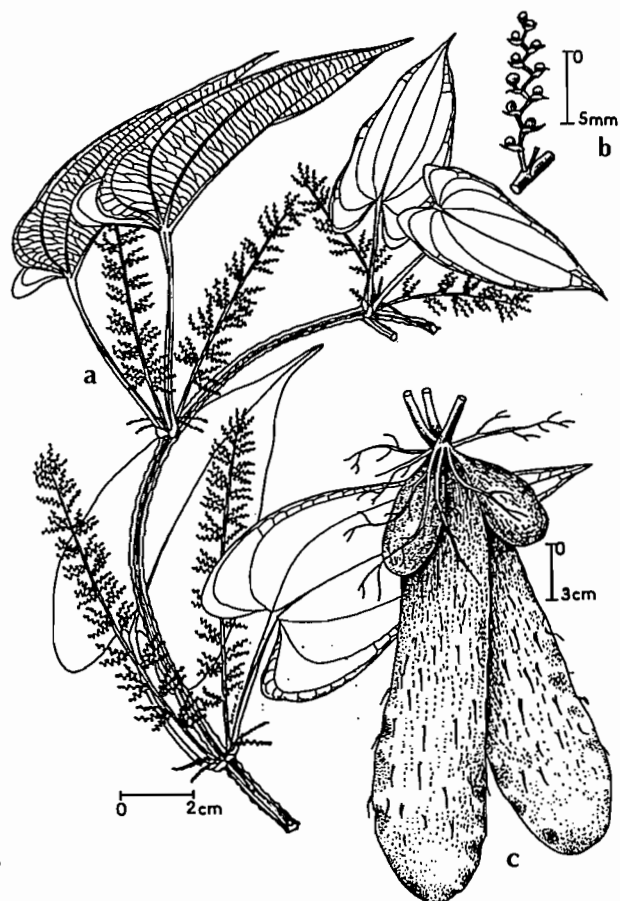
toutes les régions tropicales, il serait souhaitable que les recherches entreprises dans le cadre de ce séminaire puissent être poursuivies et étendues à un plus grand nombre d'espèces d'ignames.

## Références bibliographiques

- ACHART DJ., 1905. Quinze cents plantes dans l'Inde, 1 volume. Imprimerie des missions étrangères. Pondichéry, Inde.
- DE GRAER, 1929. Revue Congo, p. 220-254 et 361-408.
- GROSSULE, 1921. Ann. Soc. Belg. Med. Trop., 1, p. 159.
- POBEGUIN H., 1912. Plantes médicinales de la Guinée française, Paris, France.
- STANER P., BOUTIQUE R., 1937. Matériaux pour l'étude des plantes médicinales indigènes du Congo Belge. Mémoire de l'Institut royal colonial belge, tome 5, 228 p.

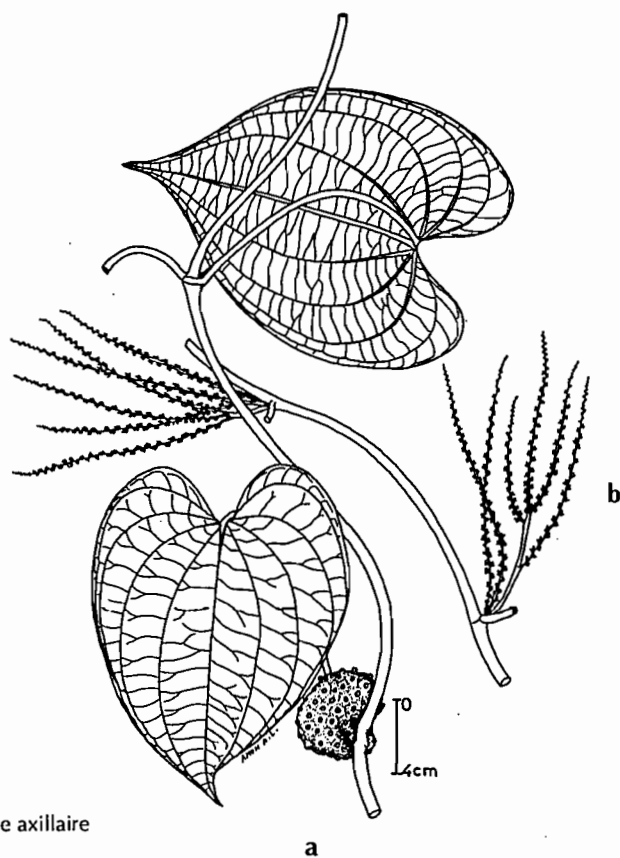


*Dioscorea alata*



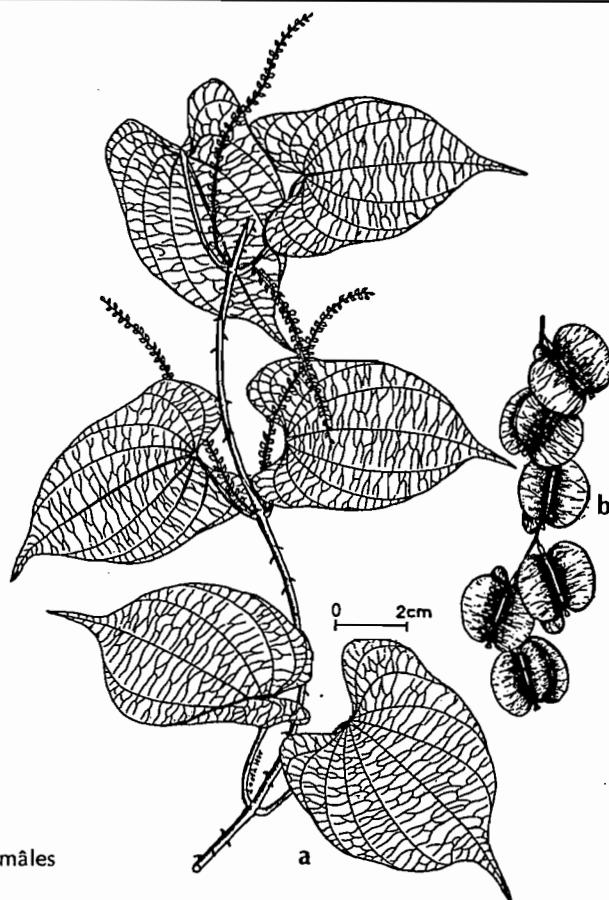
a - portion de rameau  
avec inflorescences mâles  
b - portion d'inflorescence mâle  
c - tubercule

*Dioscorea bulbifera*



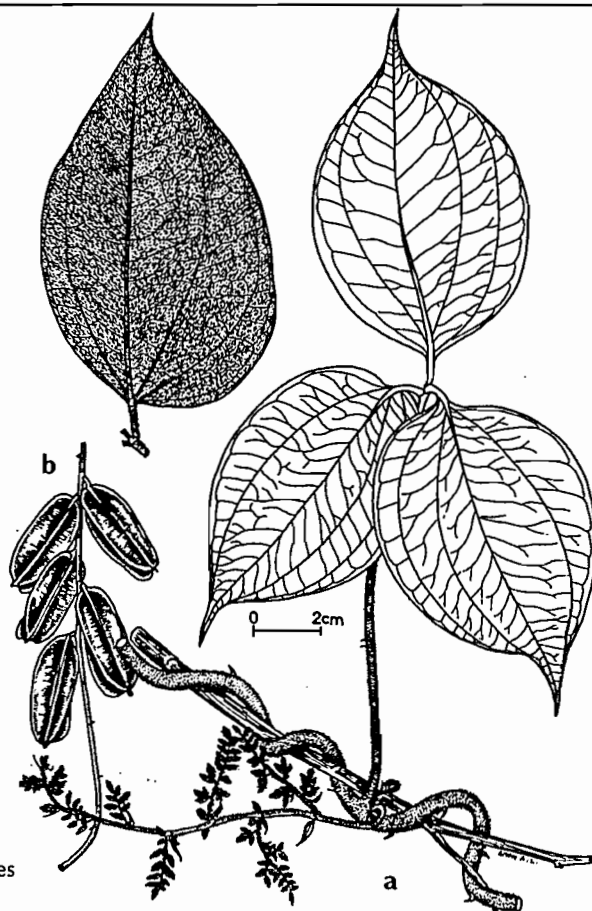
a - portion de tige avec bulbille axillaire  
b - portion de rameau  
avec inflorescences mâles

*Dioscorea cayenensis*



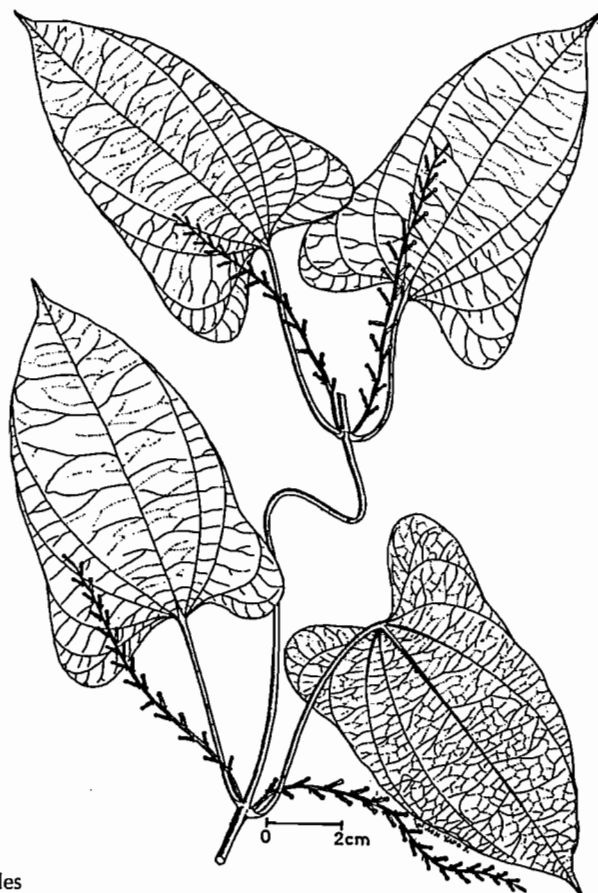
a - rameau avec inflorescences mâles  
b - fruits

*Dioscorea dumetorum*



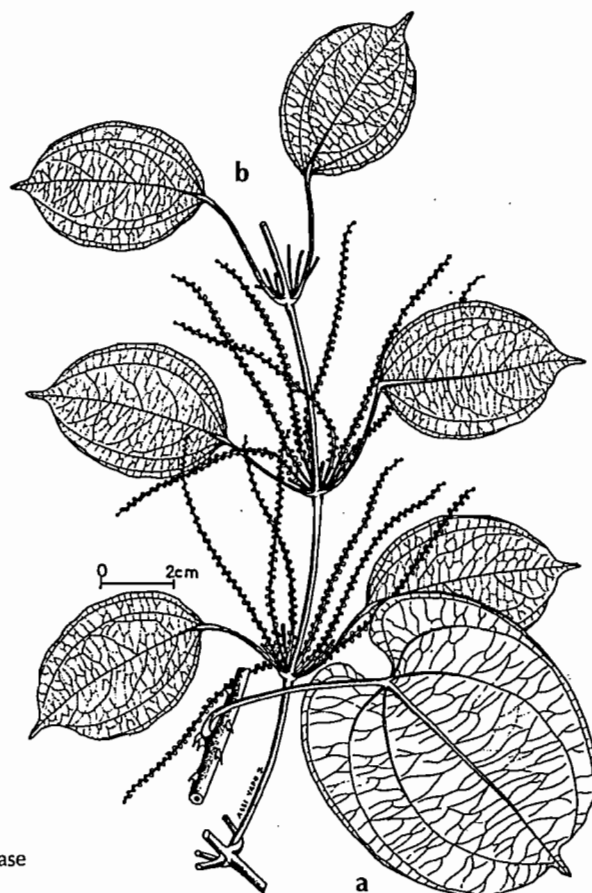
a - rameau avec inflorescences mâles  
b - fruits

*Dioscorea lecardii*



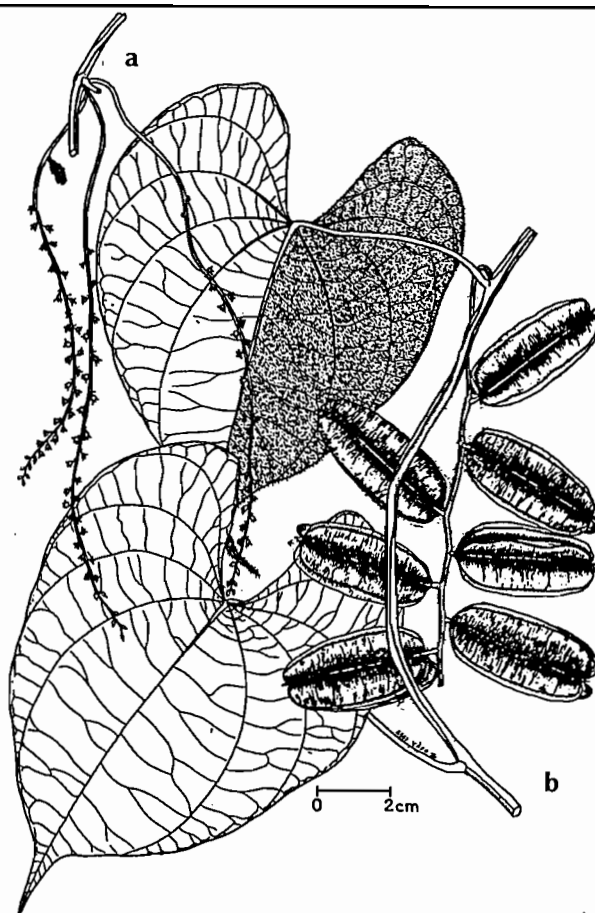
rameau avec inflorescences femelles

*Dioscorea minutiflora*

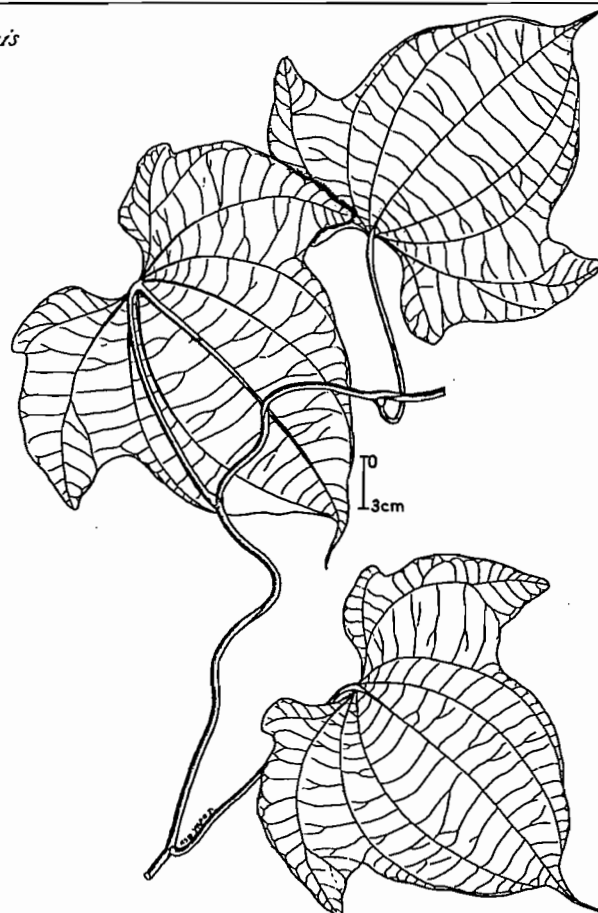


a - portion de tige avec feuille de la base  
b - rameau avec inflorescences mâles

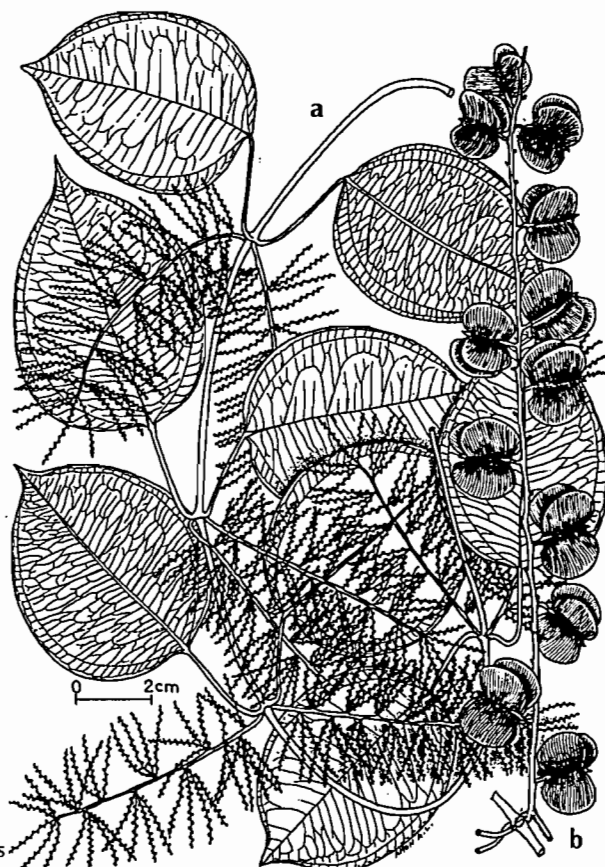
*Dioscorea preussii*



*Dioscorea sanibarensis*

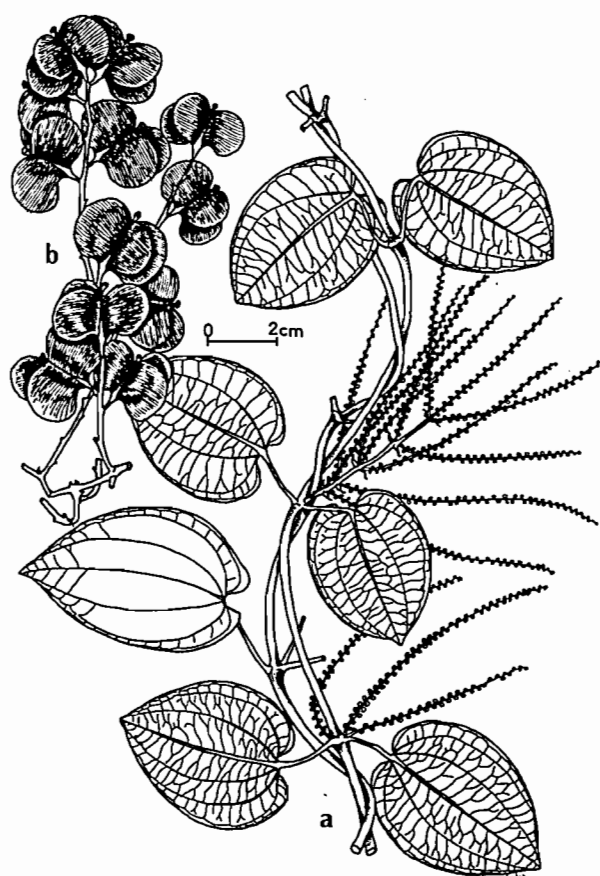


*Dioscorea smilacifolia*



a - rameau avec inflorescences mâles  
b - fruits

*Dioscorea logoensis*



a - portion rameau  
avec inflorescences mâles  
b - fruits



# **E**tat des connaissances et de la recherche sur la transformation et les utilisations alimentaires de l'igname

H. ATTAIE<sup>1,2</sup>, N. ZAKHIA<sup>1</sup>, N. BRICAS<sup>1</sup>

1. Cirad-amis, programme agro-alimentaire, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

2. Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Suisse

**Résumé** — Cet article présente une synthèse bibliographique des travaux concernant les utilisations alimentaires de l'igname à travers le monde. Les systèmes traditionnels de transformation de ce tubercule, ainsi que les initiatives semi-industrielles ou industrielles sont recensés. Cette synthèse montre que la transformation de l'igname a fait l'objet de recherches relativement limitées par rapport à la racine de manioc. De plus, ces travaux se sont souvent déroulés en laboratoire, sans véritable connexion ni application directe en entreprise, ni connaissance suffisante des réelles attentes des consommateurs. L'igname et ses dérivés sont toujours considérés comme chers et sont concurrencés par des produits importés. Par ailleurs, les études menées jusqu'ici se sont essentiellement focalisées sur quelques produits classiquement connus, tels que les pâtes élastiques (*foufou* et *foutou*), la farine et les flocons. Dans le but de relancer cette filière et de valoriser le potentiel nutritionnel, socio-économique et technique de ce tubercule, la diversification des produits à base d'igname paraît incontournable. Des recherches appliquées sont alors nécessaires pour, d'une part, améliorer les systèmes techniques de transformation à différentes échelles (artisanale, semi-industrielle et industrielle) et, d'autre part, mieux connaître et appréhender la demande des marchés et des consommateurs. Des pistes de recherche intéressantes et prometteuses se profilent actuellement. Celles-ci s'orientent vers une meilleure connaissance des caractéristiques variétales et de leur aptitude à la transformation afin de mieux cibler leurs utilisations technologiques potentielles, ainsi que vers la mécanisation de certaines étapes technologiques (épluchage, séchage...) qui interviennent dans la plupart des procédés de transformation. Enfin, l'élaboration de produits fermentés à base d'igname serait une voie de valorisation de ce tubercule, à l'instar de ceux fermentés à partir de manioc et reconnus pour leur valeur nutritionnelle.

**Abstract** — Yam processing and food uses: state of the present knowledge and current research. This paper presents a synthesis of literature available on yam food uses worldwide and

describes traditional processing systems as well as semi-industrial and industrial attempts. There appear to be less research on yam processing than on cassava. Furthermore, these studies have essentially been carried out under laboratory conditions, without any real connection to or direct application in the industry, and without sufficient knowledge of consumer expectations. Yam and the derived yam-based products are expensive and still fall prey to competition from imported products. In addition, the studies to date have focused on several traditional and well-known products, such as *foufou* and *foutou* elastic pastes or doughs, flour and flakes. If the yam channel is to be reactivated, and the nutritional, socio-economical and technical potential of this tuber promoted, it appears essential to diversify yam-based products. Applied research is required to improve the technical processing systems at all levels (cottage industry, semi-industrial or industrial), and to better understand market and consumer demands. Interesting and promising trails for research are emerging. They involve enhanced knowledge of yam cultivar characteristics and processability in order to target potential technological uses. Research also involves mechanization of technological steps, such as peeling and drying, common to yam processing systems. And, lastly, the development of yam based fermented products could further promote this tuber, such as is the case for cassava based fermented products, recognized for their high nutritional value.

L'igname est un produit alimentaire de base dans certains pays tropicaux d'Afrique, des Caraïbes et d'Océanie ; elle est également consommée, en quantité moindre, dans le sud-ouest de l'Asie et en Amérique latine. Plus de 90 % de la production mondiale sont concentrés en Afrique de l'Ouest, dans la région des pays côtiers du Golfe du Bénin où l'on parle de « ceinture de l'igname ». Avec 72 % de la production



mondiale (32 millions t environ), le Nigeria est le premier producteur d'igname (23 millions t environ) (FAO, 1994).

Comme aliment de base en Afrique occidentale, l'igname est une source importante d'hydrates de carbone pour des millions d'individus, bien que sa contribution soit inférieure à celle d'autres denrées de base comme le maïs, le manioc et le riz. Par ailleurs, 10 000 t, environ, d'ignames fraîches sont exportées par an, des pays tropicaux (Afrique, Antilles, Colombie) vers la Grande-Bretagne et les États-Unis.

En raison des pertes post-récolte assez importantes (25 à 60 %) (GIRARDIN, 1996), la transformation des tubercules d'igname permet de les stabiliser et de faciliter leur conservation, les rendant ainsi plus faciles à transporter et disponibles à tout moment et en tout lieu. De plus, les divers procédés de transformation améliorent la digestibilité et l'aptitude de l'igname à la consommation.

Cet article résulte d'une synthèse bibliographique qui présente l'état des connaissances et de la recherche sur les utilisations alimentaires de l'igname à travers le monde. En un premier temps, les procédés de transformation sont décrits, tant au niveau traditionnel et artisanal, qu'à l'échelle semi-industrielle et industrielle. Ensuite, les divers acquis de la recherche dans ce domaine sont exposés et les pistes émergentes pour des recherches futures sont énoncées.

## Systèmes techniques de transformation de l'igname

L'igname est un tubercule qui appartient au genre *Dioscorea* ; ce genre couvre 600 espèces environ dont quelques-unes seulement sont utilisées pour l'alimentation humaine. Les plus connues sont *D. alata*, *D. dumetorum*, *D. bulbifera*, *D. rotundata*, *D. cayenensis* et *D. esculenta*. La composition chimique de l'igname est très voisine de celle de la pomme de terre, elle est constituée d'eau (50 à 80 %), de glucides (90 % de la matière sèche) dont le constituant principal est l'amidon, de protéines (5 % de la matière sèche), d'éléments minéraux (1 %) et de fibres (0,5 %). L'igname est donc un aliment très énergétique, pauvre en matières grasses, et le plus riche de tous les tubercules en protéines (HERZOG et al., 1993).

Notons que l'igname contient des polyphénols, des tannins, des alcaloïdes, de l'acide phytique et des cristaux d'oxalate de calcium. Ces composés peuvent avoir un impact antinutritionnel en ralentissant l'activité des sucs digestifs lors de l'ingestion d'igname (WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; PANIGRAHI et FRANCIS, 1982).

L'igname est souvent consommée à l'état frais dans les lieux de production ; cependant, en raison des pertes post-récolte importantes et du phénomène croissant d'urbanisation, la transformation de ce tubercule s'est vite révélée indispensable afin d'allonger sa durée de conservation et de faciliter son accès aux marchés urbains, tant locaux que régionaux.

Différents systèmes techniques de transformation de l'igname existent à travers le monde et sont recensés dans la littérature. Notons que peu d'informations sont disponibles sur ces transformations en Asie et en Amérique latine. Nous présenterons d'abord les techniques traditionnelles et artisanales, puis celles appliquées à l'échelle semi-industrielle ou industrielle.

## Transformations traditionnelles de l'igname

La transformation de l'igname au niveau mondial est essentiellement réalisée à l'échelle domestique et artisanale. Les principales transformations traditionnelles de l'igname sont décrites ci-après. Notons que l'espèce et la variété d'igname constituent un facteur essentiel influant sur l'aptitude du tubercule aux diverses transformations, ainsi que sur les caractéristiques organoleptiques recherchées dans le produit fini.

### Pâtes d'igname (foufou, foutou ou igname pilée)

Les produits à base d'igname les plus consommés se différencient essentiellement par leur mode de cuisson. Ceux qui dominent sont les pâtes glutineuses et visqueuses, connues sous les noms génériques de *foufou*, *foutou* ou igname pilée. La dénomination *foufou* est surtout rencontrée dans les pays francophones d'Afrique de l'Ouest, tels que la Côte d'Ivoire. Ces pâtes sont généralement obtenues après épluchage et découpe des tubercules en morceaux. Ceux-ci subissent alors une cuisson dans de l'eau bouillante jusqu'à leur ramollissement puis ils sont pilés à chaud dans un mortier. Au fur et à mesure du pilage, de l'eau chaude est ajoutée ; le pilage peut durer de 15 min à 1 heure en fonction de la texture (plus ou moins lisse) souhaitée de la pâte. Des boulettes sont parfois roulées manuellement à partir de cette pâte et servies avec des plats en sauce (MOSSO et al., 1996 ; FAO, 1991 ; UNIFEM, 1989 ; SWAGTEN, 1988 ; COURSEY et FERBER, 1979 ; KOLEOSO et ONYEKWERE, 1979 ; MARTIN, 1979).

Certains additifs sont parfois utilisés afin d'améliorer le goût et de diminuer le temps de cuisson de l'igname. Ainsi, les cendres de manglier rouge (*Rhizophora racemosa*) et blanc (*Avicennia africana*) sont

utilisées au sud du Nigeria et dans quelques pays d'Afrique de l'Ouest. Ces cendres sont préalablement diluées dans l'eau et portent le nom d'*odoro* tout le long de la côte au Nigeria (LOTO et FAKANKUM, 1989).

Les espèces *D. rotundata* et *D. cayenensis* conviennent le mieux à la fabrication de ces pâtes d'igname.

Il existe plusieurs variantes de pâtes d'igname. Ainsi, des restes de ces pâtes peuvent être étalés au soleil, en couche mince, et séchés en galettes appelées *gniègnon* au Bénin. Ces galettes constituent une forme de stockage à sec de la pâte d'igname humide, ainsi qu'un moyen de récupérer des restes de repas. Avant consommation, la galette est reconstituée en pâte par addition d'eau et pétrissage (GBEDOLO, 1983). Une autre variante, appelée *wassa-wassa* au Bénin, consiste à sécher au soleil la pâte d'igname cuite puis à la piler dans un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre. Cette poudre est laissée à macérer dans l'eau pendant 3 j puis elle est égouttée et frite (SWAGTEN, 1988).

Les pâtes d'igname sont consommées accompagnées de sauces traditionnelles à la viande, au poisson ou aux légumes. Ces pâtes, traditionnellement préparées, ne se conservent pas longtemps. Au-delà d'une durée de 8 à 12 h, la pâte commence à fermenter avec un dégagement d'odeurs et devient dure et cassante. Elle peut alors être récupérée par trempage à l'eau chaude et pilage puis incorporée à une nouvelle fabrication.

### **Igname bouillie**

L'igname peut également être consommée bouillie. Les tubercules d'igname sont épluchés, découpés en morceaux et cuits jusqu'à ébullition dans de l'eau salée (OSAGIE, 1992 ; GBEDOLO, 1983). Ils sont alors consommés tels quels ou en salade, en mélange avec des légumes et assaisonnés d'huile ou de sauce. Ainsi, l'*oto* est un plat traditionnel au Ghana, composé d'igname bouillie et écrasée puis mélangée avec de l'huile de palme, de la viande ou du poisson et des épices. Les tubercules bouillis peuvent également être écrasés dans leur eau de cuisson et mélangés avec des légumes et du poisson. Ce plat s'appelle *mpotompoto*.

Les espèces *D. alata*, *D. dumetorum* et *D. bulbifera* sont recherchées pour la préparation d'igname bouillie, en raison de leur goût particulier.

### **Igname braisée**

L'igname peut être consommée braisée. De petits tubercules, non épluchés, sont grillés dans les cendres d'un feu mourant, entre des pierres préalablement chauffées par le feu (ASIEDU, 1986). Les tubercules peuvent aussi être cuits au four (200 °C) pendant 30 min (OSAGIE, 1992). Dans les îles du

Pacifique, les tubercules d'igname sont enveloppés dans des feuilles vertes de végétaux locaux, en mélange avec d'autres ingrédients tels que la pulpe de coco, du poulet ou du poisson, puis cuits au four (UNIFEM, 1989).

### **Igname frite**

L'igname est également consommée frite, en morceaux ou sous forme de beignets. Ces beignets, très prisés en Côte d'Ivoire, sont surtout consommés en ville où les ingrédients nécessaires à leur préparation sont disponibles. Les tubercules bouillis sont écrasés et mélangés avec du beurre, de la farine, des œufs et de la levure. La pâte pétrie est laissée reposer pendant 30 min puis découpée en boulettes ; celles-ci sont alors frites dans de l'huile végétale très chaude.

### **Purée d'igname**

La purée d'igname est obtenue après cuisson à l'eau bouillante des morceaux de tubercules épluchés puis leur écrasement en mélange avec de l'huile de palme, de la viande ou du poisson et des épices. La purée d'igname est connue sous le nom de *duo akpessi* en Côte d'Ivoire, *torokou* au Bénin ou *etoh* au Ghana (ASIEDU, 1991).

### **Couscous d'igname**

Le couscous d'igname est obtenu en roulant manuellement l'igname cuite et pilée, seule ou parfois en mélange avec des morceaux de ragoût (*foufou* non pilé). Ce mélange permet d'obtenir des granules roulés très fins qui sont alors séchés au soleil puis cuits à la vapeur.

Au Burkina Faso, une entreprise basée à Ouagadougou réalise la fabrication du couscous d'igname à l'échelle semi-industrielle. Douze à 14 kg d'igname fraîche produisent 2 kg de couscous dont la durée de conservation, dans des conditions de stockage adéquates, est de plusieurs mois (GOLI, 1996).

### **Cossettes d'igname**

La transformation de l'igname en cossettes donne un produit intermédiaire stabilisé, plus facile à conserver que les tubercules frais. Avant consommation, les cossettes sont concassées puis moulues en farine. Pour la fabrication de cossettes d'igname, les tubercules sont épluchés, découpés ou non en morceaux, puis cuits à l'eau et séchés au soleil. Afin d'éviter le noircissement de la surface des tubercules lors de leur exposition au soleil et de limiter les attaques d'insectes au cours du stockage, divers produits végétaux sont parfois ajoutés à l'eau de cuisson. Ceci confère alors une coloration rougeâtre aux cossettes et rose à brun clair à la farine qui résulte de leur mouture (DUMONT, 1995). La cuisson à l'eau permet de réduire la charge microbienne initiale et

de dénaturer certaines enzymes souvent responsables d'altérations lors de la conservation. Elle favorise également la prégélatinisation de l'amidon (AYINA ONANA, 1988).

Le rendement de transformation est de 100 kg de cossettes (dont la teneur en eau est de 12 %) pour 240 kg de tubercules frais. Les cossettes séchées peuvent être conservées pendant plusieurs mois, voire plus d'un an. Cependant, si les conditions de stockage ne sont pas optimales, les cossettes peuvent être infestées par des insectes foreurs et/ou contaminées par des moisissures. Les dégâts peuvent alors être importants au bout de quelques mois.

L'influence variétale joue un rôle essentiel dans l'aptitude de l'igname à la transformation en cossettes. Ainsi, au sud-ouest du Nigeria, au Bénin et au Togo, où cette transformation se fait à large échelle, les espèces à petits tubercules, dont notamment celles appelées *kokoro* (*D. cayenensis-rotundata*), sont utilisées de façon privilégiée pour la production de cossettes. Ces variétés présentent un grand intérêt du point de vue agronomique car elles se contentent de sols relativement pauvres et l'investissement en travail pour leur culture est limité.

Le système technique de transformation de l'igname en cossettes était traditionnellement mis en œuvre en milieu rural pour valoriser les têtes et queues des tubercules et ceux de petite taille, dans le but de conserver une partie de la récolte pour les périodes de soudure. Le séchage des ignames, telles que les *kokoro*, est devenu une activité importante dans certaines zones de production et les cossettes sont désormais commercialisées vers les marchés urbains. Dans les grandes villes du sud-ouest du Nigeria, la pâte préparée à partir de farine de cossettes est désormais devenue le principal aliment consommé devant le riz, le maïs ou les produits à base de manioc (BRICAS *et al.*, 1997). La mise en œuvre de ce système technique par les paysans ne demande pas d'investissements importants, ce qui contribue à expliquer sa large diffusion spontanée et renforce son intérêt pour une appropriation rapide dans d'autres pays.

Quelques travaux de recherche ont porté sur la mécanisation de certaines étapes technologiques du procédé. Ainsi, l'épluchage manuel des tubercules peut être remplacé par un épluchage chimique (avec de la soude à 10 %). De plus, le séchage des cossettes, traditionnellement effectué au soleil, peut être réalisé dans un four ou dans un séchoir, dans une étuve à ventilation ou encore par lyophilisation (ASIEDU, 1986 ; COURSEY et FERBER, 1979). La température de l'air de séchage doit être de 70 °C en moyenne ; au-delà, la farine devient brunâtre. Il faut noter que le broyage manuel au mortier, encore pratiqué en zone rurale, est remplacé en ville par une mouture mécanique au moyen d'un concasseur puis d'un moulin à meules. La farine d'igname peut

adsorber de l'eau lors du stockage ; des essais ont été menés pour réaliser un séchage complémentaire avant commercialisation (OSAGIE, 1992).

### Farine d'igname

Comme il est décrit dans le protocole de préparation des cossettes, la farine d'igname résulte du broyage de tubercules épluchés, découpés, cuits à l'eau et séchés.

Aux Philippines, la farine d'igname provenant de tubercules de l'espèce *D. alata* présente une coloration violette liée à la présence de polyphénols. L'addition d'amidon de manioc (environ 5 %) permet de pallier ce problème responsable du rejet du produit par le consommateur (ROSARIO et MALIT, 1984).

L'espèce *D. dumetorum* (*sweet yam*) est considérée comme la plus intéressante pour la fabrication de la farine, en raison de sa teneur assez élevée en protéines et du fait que les tubercules ne subissent pas de coloration au cours du procédé de transformation. Cependant, la conservation en frais des tubercules de *D. dumetorum*, avant transformation, est très difficile car ils subissent le phénomène de « durcissement ». La fabrication de farine d'igname à partir de tubercules de l'espèce *D. dumetorum* n'est donc possible que si la durée de conservation des tubercules frais est assez courte et insuffisante pour altérer leurs caractéristiques organoleptiques.

La farine d'igname est utilisée dans diverses préparations culinaires.

Réhydratée, elle permet de reconstituer des pâtes élastiques, distinctes du *foufou*, du *foutou* ou de l'igname pilée. La farine reconstituée est connue sous le nom de *kokonte* au Ghana, *amala* ou *télibo* au Nigeria et au Bénin. Au Cameroun et en Côte d'Ivoire, la farine d'igname est considérée comme un succédané, de qualité inférieure, de l'igname fraîche (DUMONT, 1995 ; COURSEY et FERBER, 1979). La farine réhydratée permet également, après roulage et cuisson à la vapeur, de reconstituer le couscous d'igname.

Au Cameroun, la farine d'igname est mélangée avec du lait en poudre et du sucre cristallisé pour préparer des bouillies lactées utilisées en alimentation infantile. Le coût de ces bouillies est moins élevé que celui des farines de sevrage disponibles dans le commerce (OSSWALD, 1995).

La farine d'igname sert à préparer des desserts instantanés tels que le *halaya* aux Philippines. Ce plat est composé d'un mélange de farine d'igname, de lait condensé, de sucre, d'eau et de vanille, le tout étant cuit au four pendant 1 h. Par ailleurs, les gelées, pastilles et crèmes glacées à base d'igname sont des préparations très populaires aux Philippines (ROSARIO et MALIT, 1984).

Au Japon, le *karukan* est un gâteau mousseline à pâte aérée, préparé à partir d'une farine composée de riz et d'igname. L'espèce *D. japonica* est bien adaptée et connue pour l'élaboration de ce dessert (TANOUE et al., 1993).

Le *dégagé* est un gâteau à base d'igname très consommé au Togo. Il est préparé à partir d'une farine composée d'igname et de haricot blanc, mélangée à des condiments. La pâte est alors emballée dans des feuilles d'arbres, spécifiquement cueillies à cet effet, puis cuites à la vapeur (PICARD, 1987).

La substitution partielle (jusqu'à 20 %) de la farine de blé par la farine d'igname a permis de produire des pains de qualité satisfaisante. Pour la confection de pâtisseries telles que les crêpes et les gâteaux, le pourcentage d'incorporation de farine d'igname peut atteindre 50 à 100 %, selon l'espèce utilisée et à condition d'effectuer un pétrissage mécanique de la pâte. La farine provenant d'ignames de l'espèce *D. rotundata* semble donner les meilleurs résultats quant à la qualité de la pâte et le volume du pain obtenu (COURSEY et FERBER, 1979).

La pulpe (ou râpure) d'igname, soumise à des traitements thermo-physiques tels que le couplage entre un chauffage et un cisaillement, présente une stabilité colloïdale qui en fait un excellent ingrédient pour la confection de *puddings* (BOUCHOT et al., 1987).

Les résultats de ces recherches n'ont cependant pas été mis en œuvre dans des entreprises et ces produits n'ont pas fait l'objet de commercialisation durable. Enfin, il est intéressant de constater que très peu de techniques traditionnelles de transformation de l'igname font appel à la fermentation. Pourtant, cette opération intervient dans les procédés de transformation d'autres amylacés comme le manioc ou le maïs dans les pays producteurs d'igname. Sous réserve d'une acceptabilité des produits par les consommateurs, la formulation d'aliments fermentés à base d'igname pourrait constituer une voie intéressante pour contribuer à diversifier les utilisations alimentaires de ce tubercule, notamment, pour des variétés à fort potentiel agronomique mais à moindre qualité organoleptique pour les usages classiques.

## Transformations semi-industrielles et industrielles

La transformation semi-industrielle ou industrielle de ce tubercule, bien que moins importante que la transformation artisanale, concerne une gamme diversifiée de produits tels que les pâtes, les flocons, les chips et frites, les produits apéritifs (« snacks »), les conserves, les produits extrudés et les hydrolysats et sirops à base d'igname.

## Pâtes d'igname

Quelques tentatives d'industrialisation de la fabrication de flocons, permettant de reconstituer les pâtes d'igname après réhydratation, ont été réalisées au Centre ivoirien de recherche technologique (Cirt, Abidjan). La technique appliquée reprenait la méthode artisanale jusqu'à l'obtention de la pâte d'igname refroidie et pilée. Celle-ci, au lieu d'être roulée en boulettes, était alors séchée puis broyée et tamisée. Le produit résultant était ainsi une farine de *foutou* prête à l'emploi qui donnait, après reconstitution, la pâte classique de *foutou*.

Cette tentative d'industrialisation, bien que techniquement réussie, a échoué sur un plan commercial, étant donné le prix de la farine de *foutou* prête à l'emploi, 7 fois supérieur à celui de la farine traditionnelle (à partir d'igname fraîche). Ceci dénote une identification insuffisante de la demande des consommateurs ivoiriens pour lesquels la rapidité de la préparation du *foutou* n'est pas la priorité absolue (BOUCHOT et al., 1987).

## Flocons d'igname

La principale transformation de l'igname à l'échelle semi-industrielle ou industrielle est la production de flocons. Le procédé de fabrication consiste à éplucher les tubercules (manuellement ou par traitement chimique à la soude) puis à les découper en petits morceaux. Ceux-ci sont alors trempés dans une solution diluée de sulfite, ce qui permet de conserver la blancheur de leur chair au cours du procédé de transformation. Ensuite, les morceaux subissent une pré-cuisson (70 °C) suivie d'un refroidissement puis d'une cuisson (dans l'eau ou à la vapeur) pendant 30 min.

La pré-cuisson joue le rôle de pré-traitement de blanchiment du tubercule ; elle lance également la gélatinisation de l'amidon d'igname. Le refroidissement survenant après la pré-cuisson provoque la rétrogradation de cet amidon et lui confère des propriétés fonctionnelles spécifiques lors de la réhydratation des flocons. Enfin, la cuisson achève la gélatinisation de l'amidon et améliore sa digestibilité. La cuisson à la vapeur est préférable à la cuisson à l'eau car elle entraîne moins de pertes en substances nutritives, notamment en vitamines telles que l'acide ascorbique.

Après cuisson des morceaux d'igname, des conservateurs tels que des antioxydants (Bha, Bht) et des émulsifiants (monostéarate de glycérol) y sont ajoutés. Ces derniers assurent une bonne cohésion de la pâte d'igname lors de son séchage ultérieur. Enfin, les morceaux d'igname sont pilés et broyés. La pâte compacte obtenue est alors séchée, en film mince, dans un séchoir à cylindres. La fragmentation (ou floconnage) de ce film sec conduit aux flocons, qui sont alors tamisés. En vue d'une longue conservation, les

flocons d'igname doivent avoir une teneur en eau autour de 10 % (en base humide). Notons que l'intensité du floconnage influe sur l'aptitude des flocons à libérer de l'amidon soluble au cours de la réhydratation (BADIN, 1991 ; ASIEDU, 1986).

Les flocons d'igname sont mélangés avec de l'eau tiède afin de reconstituer la pâte connue sous le nom de *foutou* en Côte d'Ivoire ou *pounded yam* au Nigeria. Plus la température de l'eau utilisée pour la reconstitution des flocons est élevée, plus le produit fini est collant. De plus, la consistance et l'élasticité de la pâte reconstituée à partir de flocons dépendent de plusieurs paramètres du procédé de fabrication, tels que la durée de cuisson des tubercules, ainsi que des conditions de broyage et de séchage sur cylindres. Ainsi, une durée de cuisson des tubercules dépassant 30 mn, associée à un broyage intensif et à des températures de séchage supérieures à 150 °C, rendent la pâte reconstituée très collante.

L'aptitude de l'igname à la transformation en flocons est conditionnée par plusieurs facteurs tels que l'espèce d'igname, le degré de maturité des tubercules et la durée de leur stockage avant transformation. Ainsi, l'espèce *D. rotundata* est-elle appréciée par les consommateurs africains car elle donne, après reconstitution des flocons, une pâte présentant une viscosité élevée. Pour les marchés de la région du Pacifique (Porto rico, Trinidad, Barbades), l'espèce *D. alata* est préférée car elle conduit à une pâte reconstituée de texture légère et aérée.

Le degré de maturité des tubercules joue également un rôle très important dans leur aptitude à la transformation en flocons. Les tubercules immatures sont reconnus pour leur incapacité à donner des flocons de bonne qualité. En effet, leur faible taux de matière sèche réduit leur rendement à la transformation. Enfin, si le stockage de l'igname dure longtemps ou est mené dans des conditions défavorables, il peut entraîner une perte de poids des tubercules et une dégradation de leur amidon. Il est recommandé d'utiliser des ignames bien fraîches pour la fabrication des flocons (BOUCHOT *et al.*, 1987).

Aux Barbades, dans les années 70, la fabrication de flocons d'igname (*instant yam*) a été testée, dans le cadre d'un projet pilote, à l'échelle semi-industrielle. Malgré la qualité satisfaisante du produit, le projet a été suspendu pour raison de difficultés d'approvisionnement en tubercules d'igname.

Au Nigeria, au début des années 70, la Cadbury Ltd. Nigeria a démarré la fabrication de flocons d'igname (*poundo yam*). Cette entreprise a également rencontré des problèmes d'approvisionnement en matière première et sa production est irrégulière depuis son démarrage. Le produit n'a pénétré qu'une faible part du marché compte tenu de son prix relativement élevé.

De même, le groupe Nestlé avait entrepris la fabrication de flocons d'igname (*bonfoutou*) dans son unité de production Novalim en Côte d'Ivoire. En 1993, la fabrication de ce produit a été suspendue à cause de ses coûts de production élevés. En 1996, la production de flocons d'igname a repris mais le produit est essentiellement destiné à l'exportation.

### Chips et frites d'igname

Le marché des produits apéritifs (*snackfoods*) est actuellement en expansion à l'échelle mondiale. Les produits apéritifs (« snacks ») fabriqués à partir de pomme de terre et de banane plantain sont couramment consommés à travers le monde. La production de chips et de frites d'igname pourrait présenter un créneau intéressant sur ce marché et une voie de valorisation du tubercule.

Les premiers essais de fabrication de chips et de frites d'igname ont été réalisés par MARTIN et RUBERTE (1972). Le procédé consiste à éplucher les tubercules puis à les découper, soit en rondelles (pour la production de chips), soit en lanières (pour la production de frites). Ces rondelles ou lanières sont cuites jusqu'à ébullition, ce qui ramollit les tissus végétaux avant friture. Ensuite, elles sont frites dans de l'huile végétale (de maïs ou de palme) ou dans du saindoux. La nature de la matière grasse utilisée pour la friture est un facteur très influent sur la qualité des produits finis. Les chips ou frites d'igname, jugées d'excellente qualité (goût et aspect), sont obtenues après friture dans de l'huile de maïs ou dans un mélange composé de saindoux (40 %) et d'huile végétale hydrogénée (60 %).

La température de friture doit se situer entre 138 et 149 °C. Une température plus élevée entraînerait le brunissement du produit. L'addition d'un antioxydant dans le bain de friture est nécessaire afin de préserver les caractéristiques organoleptiques (couleur, saveur) du produit fini lors de son stockage ultérieur (OSAGIE, 1992). Après friture, les chips ou frites sont égouttées, salées et conditionnées.

Contrairement aux chips, les frites sont souvent destinées à une consommation immédiate après transformation. Elles accompagnent souvent des plats en sauce, à base de poisson ou de viande (BOUCHOT *et al.*, 1987). COURSEY et FERBER (1979) notent que des chips et frites d'igname, frites avec du saindoux et emballées dans des sachets de cellophane, étaient toujours acceptables après 9 semaines de stockage. Par contre, les produits frits dans de l'huile de maïs exigent un emballage sous vide.

Les espèces *D. rotundata*, *D. esculenta* et *D. bulbifera* ne sont pas du tout adaptées à la production de chips et de frites d'igname, à cause de leur teneur en substances amères et âcres. Les espèces qui semblent convenir à ce type de fabrication sont celles présen-



tant une bonne tenue à la cuisson, une faible tendance à l'oxydation, ainsi qu'un tissu végétal bien blanc et compact (MARTIN et RUBERTE, 1972). Les meilleurs produits frits à base d'igname sont obtenus avec les variétés *Forastero* et *Farm Lisbon* de l'espèce *D. alata*.

### Produits apéritifs (« snacks ») à base d'igname

A l'instar des chips et frites, la production d'autres types de produits apéritifs (« snacks ») à base d'igname permettrait de diversifier la gamme des produits et dérivés de ce tubercule. Des essais dans ce sens ont été réalisés par OKAKA et ANAJEKWU (1990).

Le procédé de fabrication testé consiste à éplucher les tubercules et à les découper en morceaux carrés (1 cm d'arête), puis à les pré-cuire dans l'eau. Ces morceaux sont ensuite aromatisés par trempage dans une sauce composée d'eau, d'huile végétale, d'oignons, de sel et de piment. L'aromatisation est suivie d'un séchage au soleil (3 j) ou dans un four (28 h, 75 °C). Les « snacks » obtenus après séchage au four sont généralement préférés aux « snacks » séchés au soleil, pour leur texture croustillante et croquante. Les « snacks », ayant une teneur en eau finale moyenne de 13 % (en base humide), sont emballés dans des sachets en polyéthylène et stockés à 25 °C.

L'espèce *D. rotundata* semble la plus convenable pour l'élaboration de « snacks » à base d'igname.

### Produits extrudés à base d'igname

Il s'agit essentiellement de biscuits et de farines précuites instantanées, composés de farine ou d'amidon d'igname, en mélange avec une ou plusieurs farines de céréales, du sucre et un ingrédient riche en protéines, généralement la farine de soja. Ce mélange est introduit dans un cuiseur-extrudeur, les paramètres d'extrusion fixés sont appliqués. Les produits finis sont des biscuits pouvant être soit consommés tels quels, soit réduits en farines précuites instantanées après broyage, tamisage et conditionnement sous vide (HOUNHOUIGAN, 1987).

La maîtrise des paramètres d'extrusion, notamment la température de chauffage et la vitesse de rotation des fourreaux de l'extrudeur, est essentielle pour la conduite du procédé et l'obtention de produits finis ayant un degré de cuisson suffisant.

Les farines précuites à base d'igname sont utilisées après réhydratation, dans la préparation de bouillies infantiles. Du point de vue nutritionnel, les produits extrudés à base d'igname (biscuits et farines précuites) ont des teneurs équilibrées en amidon et en protéines. Cependant, ils peuvent présenter une carence en lysine si les paramètres d'extrusion ne sont pas judicieusement choisis de façon à réduire les risques de dégradation de cet acide aminé par des

réactions de Maillard (brunissement non enzymatique).

Notons que les biscuits à base d'igname présentent une coloration plus foncée et une structure plus dense que celles des biscuits fabriqués à partir de manioc, de blé ou de maïs. Quant aux farines précuites instantanées à base d'igname, elles possèdent un pouvoir d'absorption de l'eau plus rapide et plus élevé que celui des farines à base de maïs.

### Conserves à base d'igname

Le procédé de fabrication consiste à éplucher les tubercules (avec de la soude à 4 %) puis à les tremper dans du dioxyde de soufre afin d'éviter leur noircissement. Ceux-ci sont ensuite découpés, blanchis (10 min, 90 °C) et mis en boîte dans une saumure contenant des antioxydants (Edta) et des conservateurs (acide citrique). Les boîtes de conserves sont alors stérilisées et refroidies.

Des essais de fabrication de conserves d'igname en boîte ont été réalisés avec les espèces *D. alata*, *D. rotundata* et *D. cayenensis* (OSAGIE, 1992 ; COURSEY et FERBER, 1979).

### Hydrolysats et sirops d'igname

L'hydrolyse (enzymatique ou acide) de l'amidon d'igname produit des sirops pouvant jouer le rôle de substrat de fermentations, conduisant à la formation d'alcool et de levures utilisées en alimentation animale. Cependant, cette voie de valorisation de l'igname se heurte à la concurrence économique d'autres matières premières, telles que la mélasse de canne à sucre et le manioc. En effet, 1 t d'igname fraîche et 810 kg de mélasse produisent une quantité équivalente d'alcool (BOUCHOT *et al.*, 1987).

Par ailleurs, les sirops ou hydrolysats d'igname peuvent être utilisés comme succédanés du malt en brasserie. Leur pouvoir moussant, ainsi que leurs teneurs en protéines et en sucres non réducteurs, sont des caractéristiques recherchées par le brasseur, afin de donner du corps à la bière, d'égayer son goût et de stabiliser sa mousse.

### Igname enrichie en protéines

Afin d'améliorer la qualité nutritionnelle de l'igname pour l'alimentation humaine, des expérimentations ont été réalisées selon les procédés bio Orstom-Ircha, en vue d'augmenter sa teneur en protéines (BOUCHOT *et al.*, 1987). Ces procédés, basés sur la fermentation des tubercules, entiers ou préalablement réduits en pulpe, ont conduit à des produits finis de type semoule ou farine, ayant une teneur en protéines autour de 20 %. L'acceptabilité de ces produits par les consommateurs est en cours d'évaluation.

## I Les acquis de la recherche

Les procédés de transformation de l'igname, tant traditionnels que semi-industriels ou industriels décrits précédemment, font ressortir les principaux acquis de la recherche dans le domaine de l'utilisation alimentaire de ce tubercule.

L'influence variétale joue un rôle très important dans l'aptitude du tubercule à la transformation et dans l'acceptation du produit fini par le consommateur. Des espèces sont recherchées ou préférées pour chaque type de produit transformé à base d'igname. Cependant, le couplage entre l'espèce d'igname et son utilisation spécifique potentielle semble encore mal cerné. Une collaboration plus étroite semble nécessaire entre technologues, agronomes et spécialistes de la perception de la qualité par les consommateurs.

Divers travaux concernant la mécanisation de certaines étapes technologiques des procédés, telles que l'épluchage chimique ou le séchage artificiel par entraînement à l'air chaud ont été entrepris. Par ailleurs, des tentatives d'industrialisation de certains produits traditionnels (*foutou*, farine) ou de fabrication de produits élaborés (flocons instantanés) ont été réalisées. La poursuite des travaux dans ce sens permettrait de creuser le potentiel technique restant à exploiter en vue d'une meilleure valorisation de l'igname.

Des essais préliminaires ont porté sur la diversification des produits transformés à base d'igname, tels que les hydrolysats et sirops, les conserves en boîte, les produits apéritifs ou « snacks », les biscuits extrudés et farines précuites instantanées. Cette diversification présente un intérêt indéniable pour relancer la filière de l'igname et répondre à la tendance à la diversification alimentaire liée au phénomène d'urbanisation que connaissent les pays producteurs d'igname.

## I Conclusions et perspectives

Malgré l'importance de l'igname dans l'alimentation de la population de nombreux pays, la recherche sur les utilisations de ce tubercule est restée limitée en comparaison des recherches menées sur la plante et sa culture ou des travaux sur la transformation d'autres racines et tubercules comme le manioc.

La majorité des travaux recensés concerne la fabrication de pâtes du type *foufou* et *foutou*, ainsi que la production de farine et de flocons instantanés. Ces travaux ont ainsi surtout visé à industrialiser la transformation de l'igname en produits de type tradi-

tionnel. Nombre de ces travaux ont été réalisés en laboratoire sans partenariat avec des entreprises artisanales, Pme ou entreprises industrielles. De ce fait, certains acquis de la recherche n'ont pas trouvé d'application industrielle et commerciale, malgré leur intérêt scientifique. Lorsque cette recherche a été réalisée en partenariat avec des entreprises (cas des flocons d'igname avec Cadbury Nigeria ou Nestlé Côte d'Ivoire notamment), les résultats se sont traduits par une mise en œuvre industrielle et commerciale. Mais ce type de produits n'a cependant pu pénétrer qu'un segment de marché limité, compte tenu de leur coût jugé relativement élevé par les consommateurs en comparaison aux avantages de qualité qu'ils présentaient. D'une façon générale, les comportements alimentaires et les attentes de qualité des consommateurs vis-à-vis des produits à base d'igname, semblent avoir été insuffisamment étudiés.

Les orientations de ces recherches n'ont que relativement peu pris en compte la nécessité de diversifier les utilisations alimentaires de ce tubercule. Compte tenu de l'attachement culturel des consommateurs à l'igname, ce produit bénéficie d'un certain avantage vis-à-vis d'autres amylacés, bien qu'ayant un coût légèrement plus élevé que ses « concurrents ». Ce potentiel accroît la marge de manœuvre de la recherche pour promouvoir de nouveaux produits à base de ce tubercule, à condition que ceux-ci restent accessibles pour la majeure partie de la population. La tendance d'évolution de la consommation, en particulier en milieu urbain, est en effet la diversification des produits consommés.

L'existence, au travers du monde, de diverses techniques de transformation de l'igname, mérite donc d'être davantage valorisée. Mais pour ce faire, il apparaît nécessaire de mieux diffuser l'information existante entre les équipes de recherche des différents pays producteurs d'igname et entre ces équipes et les opérateurs économiques. Par ailleurs, l'application à l'igname de procédés de transformation déjà maîtrisés pour d'autres produits amylacés, comme la fermentation ou la granulation, pourrait également contribuer à diversifier les utilisations alimentaires de ce tubercule.

Enfin, il faut souligner tout l'intérêt que revêt la transformation des ignames en cossettes séchées telle qu'elle est pratiquée au sud-ouest du Nigeria, au Bénin et au Togo. Ce produit intermédiaire stabilisé est désormais largement plus utilisé que les tubercules frais dans les grandes villes du sud-ouest du Nigeria et à Cotonou. Son coût réduit et très compétitif, la stabilité de sa disponibilité sur les marchés, ainsi que sa commodité d'utilisation et son image de produit spécifique et non de succédané de pâte pilée, en font un aliment à fort potentiel de développement en milieu urbain. De plus, la farine de cossettes peut être utilisée pour des préparations alimentaires diver-



sifiées (couscous, gâteaux, biscuits, farines infantiles, etc.).

Dans tous les cas, il apparaît que la recherche technologique sur la valorisation de l'igname gagnerait en efficacité à s'inscrire dans des programmes pluridisciplinaires associant agronomes, technologues, socio-économistes de l'alimentation et spécialistes d'analyse sensorielle et de marketing. Ce type d'équipe devrait, faut-il encore le souligner, travailler en partenariat étroit avec les opérateurs économiques afin de contribuer à résoudre les problèmes que ceux-ci rencontrent, d'anticiper avec eux les évolutions du marché et de préparer les innovations qui permettraient d'y répondre.

## Références bibliographiques

- ASIEDU J.J., 1991. L'igname. *In* La transformation des produits agricoles en zone tropicale. Cta-Karthala, Paris, France, p. 323-332.
- ASIEDU J.J., 1986. Yams. *In* Processing and Physical / Chemical Properties of Tropical Products. Centaurus-Verlagsgesellschaft, Pfaffenweiler, Germany, p. 379-398.
- AYINA ONANA J., 1988. Le foutou d'igname. Essai de conception d'un pilon mécanique de laboratoire. Cirad, Montpellier, France, 93 p.
- BADIN A., 1991. Etude d'un procédé de fabrication de flocons d'igname. Influence des traitements préalables au séchage sur la matière sèche, la couleur et les propriétés physico-chimiques des flocons. Ensac/Cirad, Montpellier, France.
- BOUCHOT P., CODRON B., GRELLIER H., GUTTON L., JOUANNAULT F., JUND N., RABBE L., RAIMBOURG B., VILLENEUVE A., 1987. Les cultures vivrières. Conservation et transformation de l'igname et de la banane plantain. Groupe de mission d'étude en Côte d'Ivoire, France.
- BRICAS N., VERNIER PH., ATEGBO E., HOUNHOUIGAN J., MITCHIKPE E., NKPENU K.E., ORKWOR G., 1997. Le développement de la filière cossettes d'igname en Afrique de l'Ouest. Cahiers de la Recherche Développement 44.
- COURSEY D.G., FERBER C.E.M., 1979. The processing of yams. *In* Small-scale Processing and Storage of Tropical Root Crops, PLUCKNETT (Ed.). Westview Press, Colorado, USA, p. 15-25.
- DUMONT R., 1995. La production et l'utilisation de cossettes d'igname au Bénin. Situation actuelle et perspectives. *In* IV<sup>e</sup> Séminaire triennal de la société internationale pour les plantes et tubercules tropicales, branche Afrique, 22-28 octobre 1995, Montpellier, Cirad/lita.
- FAO, 1991. Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine. Collection Alimentation et Nutrition, FAO, Rome, Italie.
- FAO, 1994. Statistiques sur la production mondiale des racines et tubercules. FAO, Rome, Italie.
- GBEDOLO Y.M., 1983. La culture des ignames, leur conservation et leur transformation en République populaire du Bénin. Séminaire sur l'igname, 2-5 novembre 1983, Ensa, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- GIRARDIN O., 1996. Technologie après-récolte de l'igname : étude de l'amélioration du stockage traditionnel en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat en sciences techniques, Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Suisse, 136 p.
- GOLI T., 1996. Compte rendu d'entretien et de visite.
- HERZOG F., FARAH Z., AMADO R., 1993. Nutritive value of four wild leafy vegetables in Côte d'Ivoire. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research* 63 : 234-238.
- HOUNHOUIGAN, J.D., 1987. Valorisation de produits vivriers tropicaux par cuisson-extrusion : préparation de biscuits sucrés et de farines instantanées riches en protéines. Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France.
- KOLEOSO O.A., ONYEKWERE O.O., 1979. Food storage and processing in Nigeria. *In* Appropriate industrial technology for food storage and processing. Monographs on Appropriate Industrial Technology, n° 7, UNIDO.
- LOTO C.A., FAKANKUM O.A., 1989. Characterization of the ashes of Nigerian red and white mangrove woods. *Wood Science and Technology* 23 : 357-360.
- MARTIN F.W., 1979. Composition, nutritional value and toxic substances of the tropical yams. *In* Tropical Foods: Chemistry and Nutrition, G.E. INGLET and G. CHARALAMBOUS (Eds). Academic Press Inc., USA, vol. 1, p. 249-263.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1972. Yams (*Dioscorea* spp.) for production of chips and french fries. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56: 228-234.
- MOSSO K., KOUADIO N., NEMLIN G.J., 1996. Transformations traditionnelles de la banane, du manioc, du taro et de l'igname dans les régions du centre et du sud de la Côte d'Ivoire. *Industries alimentaires et agricoles* 91-96.
- OKAKA J.C., ANAJEKWU B., 1990. Preliminary studies on the production and quality evaluation of a dry yam snack. *Tropical Science* 30: 65-72.
- OSAGIE A.U., 1992. The yam tuber in storage. Nigeria University of Benin, Department of Biochemistry, Benin, 247 p.
- OSSWALD P., 1995. Economie des racines et tubercules. Analyse dans les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Solagral, Paris, France.

- PANIGRAHI S., FRANCIS B., 1982. Digestibility and possible toxicity of the yam (*Dioscorea alata*). Nutrition Reports International 26 (6): 1007-1013.
- PICARD T., 1987. Circuit de commercialisation de l'igname au Togo et étude de la demande pour un pilon mécanique. Montpellier, France.
- ROSARIO R.R., MALIT P.B., 1984. Improved ubi (*Dioscorea alata* L.) flour preparation and its utilization for instant halaya. The Philippine Agriculturist 67: 177-182.
- SWAGTEN I., 1988. La filière de l'igname au Bénin et les possibilités d'intervention pour améliorer la production et la commercialisation de ce tubercule. Cnearc-Enita, France.
- TANOUE H., SHIMOZONO H., SAKODA T., 1993. Characteristics of 3 species of yam (*Dioscorea*) for karukan making. Journal of Japanese Society of Food Science and Technology 40: 627-635.
- UNIFEM, 1989. Transformation des racines et tubercules. Collection Technologies du cycle alimentaire. Manuel de Référence. Rome, Italie, n° 5, 79 p.
- WANASUNDERA J.P.D., RAVINDRAN G., 1994. Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. Plant Foods for Human Nutrition 46: 33-39.

# Quelques aspects actuels de la commercialisation de l'igname en Côte d'Ivoire

S. DOUMBIA

Idessa, BP 633, Bouaké 01, Côte d'Ivoire

**Résumé** — Cette communication aborde la commercialisation de l'igname sous l'angle de la mise en marché des principales espèces et variétés commercialisées. Après avoir précisé quelques notions de nomenclature en vigueur dans le commerce, l'étude souligne le caractère très saisonnier et la spécialisation régionale de l'offre en igname en en donnant les principaux déterminants. Elle montre également l'existence d'une variation saisonnière des prix et surtout l'existence d'une différenciation nette des prix en fonction des espèces. La communication s'achève sur l'esquisse de quelques solutions aux problèmes actuellement rencontrés pour la commercialisation, qui représentent autant de pistes de recherche.

**Abstract** — Some current aspects of yam trade in Côte d'Ivoire. In this paper, the author tackles yam trade according to a view of the market of principal species and varieties commercialized. After precisely stating some nomenclature notions used in trade, he emphasizes the very seasonal character and the regional specialization of yam by giving the most important parameters. The study also shows a seasonal variation of prices and especially a sharp difference of prices correlated to the species. The paper ends with a draft of some solutions to the problems actually met at the trade level, that suggest research opportunities.

L'igname est une denrée alimentaire de première importance en Côte d'Ivoire. Pour la campagne 1991-1992, sa production a atteint 2 758 000 t, ce qui la place au premier rang, en volume, des cultures vivrières du pays (MINAGRA, 1992). Toutefois, très peu de statistiques fiables existent actuellement sur la production de cette culture.

Les données récentes sur les superficies et les rendements ne tiennent pas compte des spécificités importantes liées aux espèces et variétés de cette plante.

Les données disponibles sur la commercialisation sont fournies par des études ponctuelles de bureaux d'étude (enquête Sedes, 1972 et Scet-Agri, 1986). La recherche, à travers des travaux dans le cadre du déroulement de projets de développement, s'est également intéressée à la commercialisation de l'igname. Ces études, souvent fragmentaires, se sont le plus souvent arrêtées avec la fin des financements des projets en question.

L'office d'aide à la commercialisation des produits vivriers (Ocpv) a entrepris, depuis peu, de combler en partie cette lacune. Cette structure a accumulé dans ses différents bureaux régionaux une somme importante de données en matière de commercialisation (relevé des prix, recensement des différents agents et moyens logistiques) qui restent toutefois à analyser et synthétiser. La vision globale sur le plan national de la commercialisation de l'igname nécessite, aujourd'hui, un important travail de synthèse des données disponibles.

Cette communication se veut une contribution à cet effort de connaissance et de compréhension du fonctionnement du système de commercialisation de l'igname en Côte d'Ivoire.

Après avoir présenté les principales espèces et variétés d'ignames commercialisées, on s'attachera à

caractériser le système de commercialisation de l'igname en dégagant le caractère saisonnier, la spécialisation régionale de l'offre, ainsi que les niveaux de prix pratiqués. Pour terminer, on dégagera quelques pistes de recherche afin d'améliorer la performance du système de commercialisation.

## Les espèces et variétés d'igname cultivées en Côte d'Ivoire, leur spécificité commerciale

En Côte d'Ivoire, deux espèces d'igname sont économiquement importantes. Il s'agit de l'espèce *Dioscorea alata* (*D. alata*) originaire d'Asie et de l'espèce *Dioscorea cayenensis-rotundata* qui représente en fait un complexe botanique. Ce complexe d'origine africaine se subdivise en deux sous-groupes. On distingue les *Dioscorea cayenensis-rotundata* à une récolte et les *Dioscorea cayenensis-rotundata* à deux récoltes appelées communément, respectivement, ignames tardives et ignames précoces.

La terminologie en matière de nomenclature des variétés d'igname dans le commerce en Côte d'Ivoire prête souvent à confusion, de sorte qu'il paraît nécessaire d'en préciser un certain nombre de points.

En effet, on a coutume de regrouper sous les noms génériques d'ignames précoces et d'ignames tardives, des variétés qui ne recouvrent pas les mêmes réalités ni par rapport à leur période de production et de commercialisation, ni par rapport à leur valeur marchande. Ceci est surtout le cas pour la variété *Krenglè* dont la valeur marchande est nettement plus élevée que celle de *Florido* ou de *Bètè-Bètè* mais qui se trouve au sein du même groupe des ignames dites tardives que ces deux variétés. Par opposition, on parlera d'ignames précoces pour les variétés d'igname exploitées en double récolte et dont la mise en marché démarre la période de commercialisation. Ces variétés appartiennent à l'espèce *D. cayenensis-rotundata*.

Par ailleurs, certaines variétés d'ignames précoces caractérisées par la double récolte sont parfois exploitées en une seule récolte. C'est le cas, en particulier, lorsque interviennent des facteurs défavorables à la précocité de production. La variété *Lokpa* en est un exemple.

Inversement, une variété tardive peut être exploitée en double récolte comme il advient souvent de la variété *Krenglè*. Le regroupement des variétés d'igname en ignames précoces et en ignames tardives est donc impropre en toute rigueur, mais très usité par commodité, notamment dans le commerce.

## Quelques caractéristiques actuelles de la mise en marché de l'igname

### La saisonnalité de la commercialisation

La commercialisation de l'igname s'étend sur douze mois. Elle commence au mois d'août avec la production des premières récoltes des *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes pour s'achever au mois de juillet de l'année suivante. Comme l'indique la figure 1, le marché est caractérisé par la présence de trois groupes d'igname qui se relaient dans le temps.

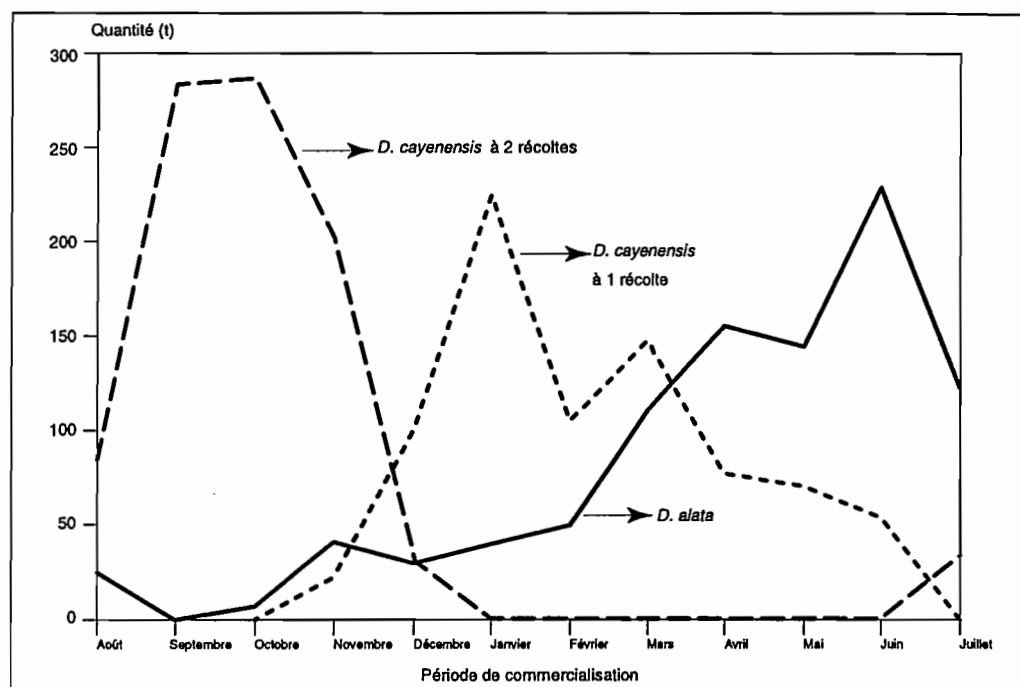
D'août à janvier, les variétés d'igname du groupe *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes sont présentes sur le marché. Cette présence, qui démarre en août, culmine en septembre et octobre pour devenir quasi insignifiante en décembre. La mise en marché de ce type d'igname est caractérisée par l'importance des quantités qui sont commercialisées (environ 300 t en moyenne mensuelle sur 5 ans en septembre et en octobre) et la relative brièveté du phénomène.

De novembre à juillet, le marché est caractérisé, sur une courte période (d'octobre à janvier), par la présence des trois types d'igname, et de janvier à juillet, par la présence des seules variétés d'igname des groupes *D. cayenensis* à une récolte et *D. alata*.

Pour les variétés du type *D. cayenensis-rotundata* à une récolte, les approvisionnements croissent de manière importante d'octobre à janvier. Au cours de ce mois, les approvisionnements culminent à plus de 200 t mensuelles en moyenne sur cinq ans. Ils amorcent une première baisse, se stabilisent quelque peu en février, repartent légèrement pour atteindre un nouveau sommet en mars sans toutefois égaler le pic du mois de janvier.

Au-delà de mars, les quantités fournies au marché sont nettement à la baisse. De manière tendancielle donc, l'approvisionnement du marché en igname du type *D. cayenensis-rotundata* à une récolte, croît d'octobre à janvier pour chuter de manière significative de janvier à juillet. La présence des ignames du type *D. alata* est perceptible sur le marché parfois dès le mois d'août, mais les quantités commercialisées ne deviennent significatives qu'à partir du mois de mars, ce qui en fait l'igname type de fin de période de commercialisation.

La commercialisation de l'igname est donc caractérisée par une grande variabilité. Sur douze mois, on peut distinguer trois périodes remarquables correspondant chacune à la présence prépondérante d'un des trois principaux types d'igname.



**Figure 1.** Variation saisonnière de l'approvisionnement en ignames du marché de Bouaké, espèces *D. cayenensis-rotundata* et *D. alata* (moyenne de 5 campagnes).

## Les variétés d'ignames commercialisées

La figure 2 schématise les principales variétés commercialisées de chacun des trois principaux types d'igname.

Le fait que la variété *Sopèrè* représente la principale variété des *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes est en rapport avec les deux faits suivants. D'une part, la variété *Sopèrè* est la principale variété d'igname du groupe des *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes cultivées à Dabakala et, d'autre part, la région de Dabakala est le principal bassin de production de l'igname approvisionnant la ville de Bouaké. D'autres variétés du groupe *D. cayenensis-rotundata* à deux récoltes sont commercialisées au marché de Bouaké, mais en quantité moins importante. Il s'agit de la *Kponan* et de l'*Assawa* qui arrivent surtout de Bondoukou.

Le groupe des *D. cayenensis-rotundata* à une récolte est dominé dans la commercialisation par la variété *Krenglè*. Bien que dans la production ce groupe présente d'autres variétés comme le *Gnan* et le *Kangba*, seule la variété *Krenglè* est commercialisée en gros. Enfin, le groupe des *D. alata* est composé essentiellement des seules variétés *Florida* et *Bètè-Bètè*.

La commercialisation des ignames de ce type est aujourd'hui dominée par *Florida* qui a occupé pratiquement tout le créneau commercial qui était autrefois celui de *Bètè-Bètè*. Ce succès de *Florida* s'explique par sa plus grande productivité et sa souplesse biologique, ainsi que sa plus grande résistance à une

maladie, l'*lbs* (*Internal Brown Spot*) qui, au contraire, attaque et déprécie fortement (présence de points noirs dans la chair) les ignames de la variété *Bètè-Bètè*.

En moyenne sur cinq années d'enquêtes, *Florida* représente aujourd'hui la seconde variété la plus commercialisée, juste après *Krenglè*. De manière générale, les variétés de l'espèce *D. cayenensis-rotundata* sont plus commercialisées que celles appartenant à l'espèce *D. alata*. En pourcentage, les premières représentent environ deux tiers du volume d'igname commercialisé contre un tiers pour les variétés appartenant à l'espèce *D. alata*.

## L'origine de l'offre en igname et la spécialisation régionale

La production de l'igname est le fait d'un grand nombre de petits producteurs. Ils produisent dans la plupart des cas pour satisfaire leurs besoins de consommation ; seuls les surplus sont commercialisés. Ce schéma est à nuancer cependant dans le cas de la production des ignames du type *D. cayenensis-rotundata* pour lesquelles existe, dans certaines régions, une véritable stratégie de production orientée vers le marché. Même dans ce dernier cas, les superficies cultivées par exploitation dépassent rarement l'hectare. De ce fait, l'offre en igname est une offre atomisée et un des principaux problèmes de la commercialisation réside dans les difficultés de collecte primaire.

Une autre caractéristique de l'offre en igname réside dans la régionalisation de la production. Ce fait est illustré par la figure 3 qui indique clairement que les régions Nord-Est et Nord par exemple, n'approvisionnent pas le marché aux mêmes périodes. A l'offre en igname du Nord-Est, centrée sur les périodes d'août à décembre, s'oppose celle du Nord qui ne devient conséquente pour le marché de Bouaké qu'au-delà du mois de mars. Ces offres correspondent, respectivement, à des ignames du type *D. cayenensis* à deux récoltes et celles du type *D. alata*.

## Les prix

La figure 4 indique la variation saisonnière du prix de gros des différentes variétés d'igname sur le marché de gros de la ville de Bouaké pour la période 1987-1992.

La distinction entre les deux espèces, déjà manifeste pour la production dans les modes de conduite des cultures, est également nette pour le marché. La barre des 60 F cfa/kg (avant dévaluation) matérialise d'une

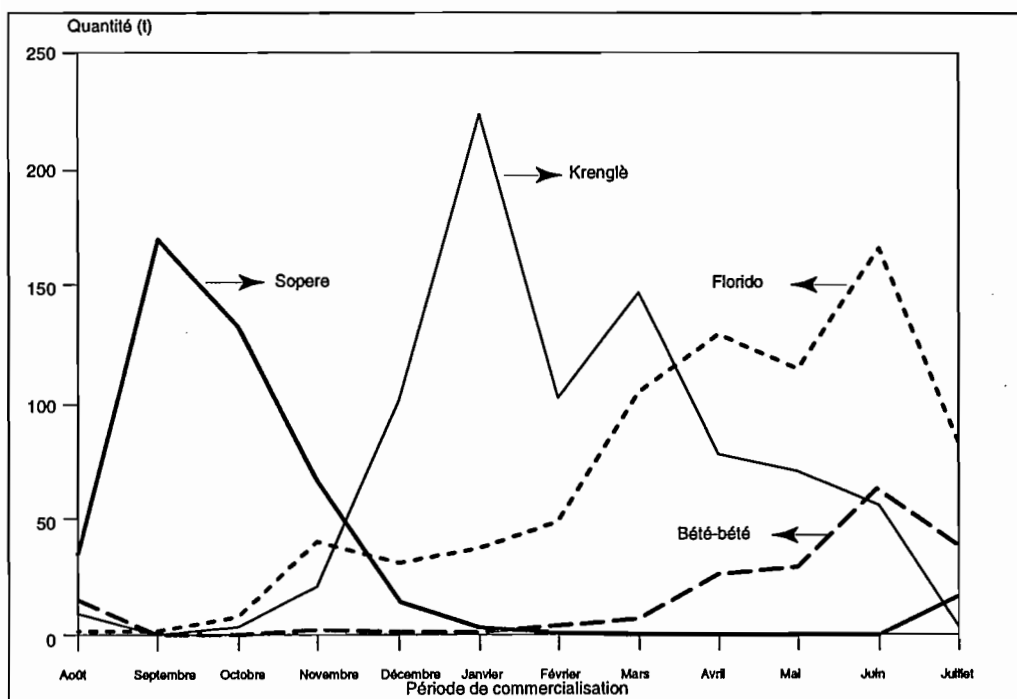


Figure 2. Variation saisonnière de l'approvisionnement en ignames du marché de Bouaké en différentes variétés (moyenne de 5 campagnes).

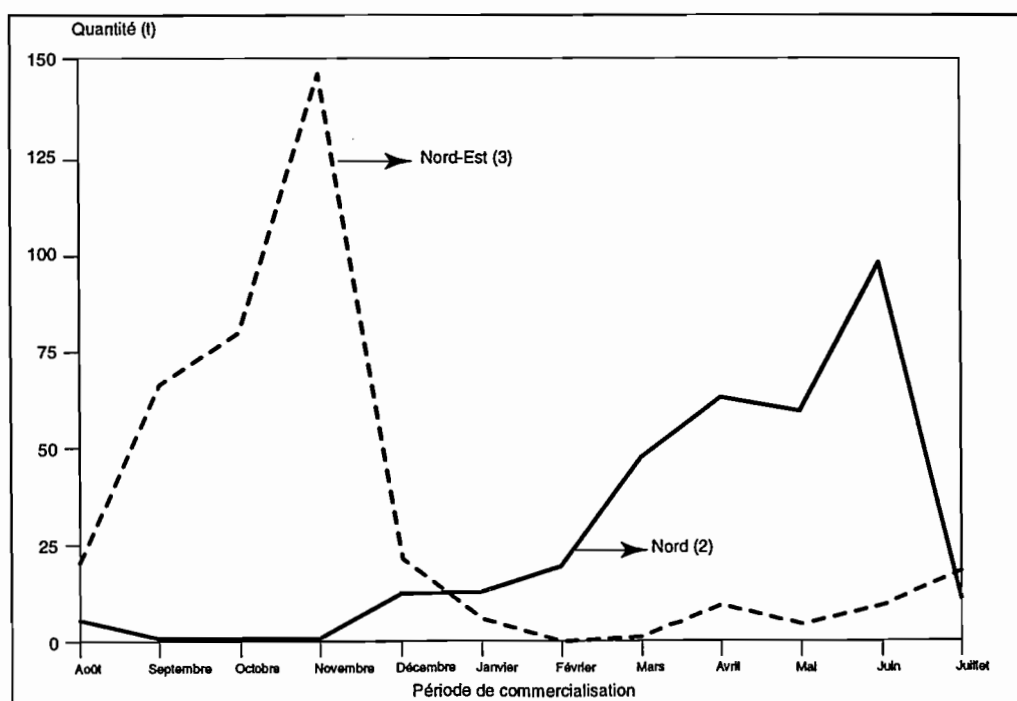
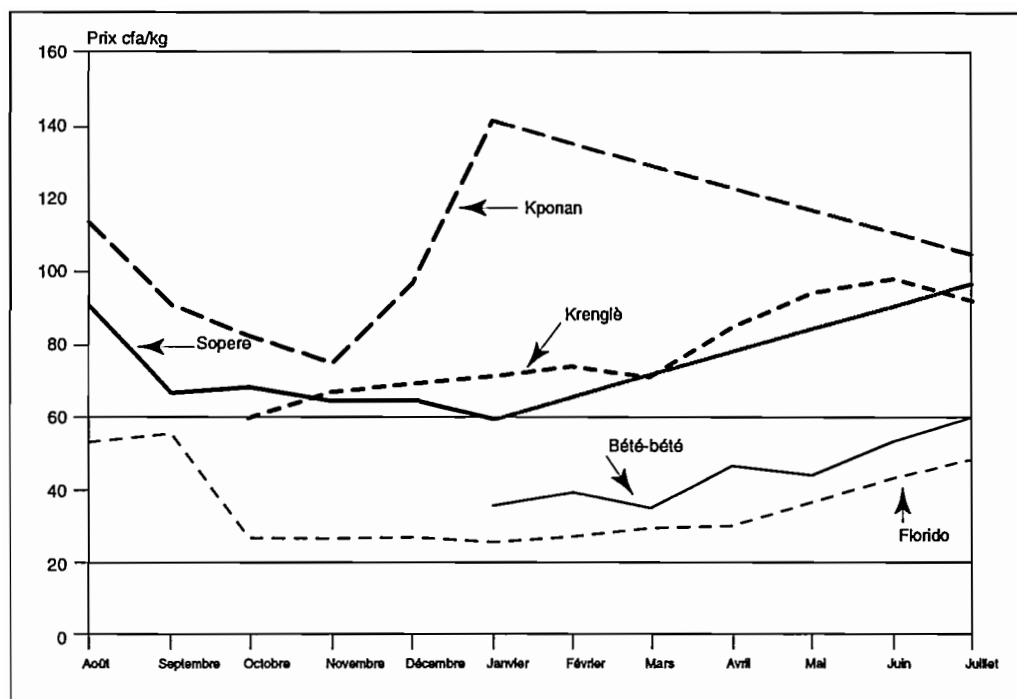


Figure 3. Contribution comparée des régions Nord-Est (3) et Nord (2) dans l'approvisionnement en ignames du marché de Bouaké (moyenne de 5 campagnes).



**Figure 4.** Variation saisonnière du prix de gros de différentes variétés d'ignames, marché de Bouaké.

part le prix plancher pour les variétés de l'espèce *D. cayenensis-rotundata*, et le prix plafond pour celles appartenant à l'espèce *D. alata*. Pour les premières, les prix de la variété *Kponan* fluctuent entre 80 et 140 F cfa/kg, confirmant ainsi sa réputation de variété de haut de gamme, très prisée par le consommateur ivoirien. Sans atteindre de tels sommets dans les prix, la variété *Krenglè* peut également être classée comme une variété de haut de gamme, eu égard à la forte pression de la demande malgré la bonne tenue des prix.

En ce qui concerne les variétés appartenant à l'espèce *D. alata*, leurs prix se situent entre 25 et 60 F cfa/kg, *Bètè-Bètè* bénéficiant d'un meilleur prix moyen que *Florido*. La meilleure valorisation des ignames du type *Bètè-Bètè* n'est effective qu'en fin de commercialisation. En effet, à la récolte, les ignames de ce type contiennent trop d'eau et ne sont pas aptes à entrer dans la confection du *foutou* qui est le mode de préparation le plus populaire de l'igname. Comme elles manifestent une remarquable aptitude à la conservation de longue durée, ces ignames sont stockées et ne sont vendues qu'en fin de parcours, époque à laquelle elles présentent un meilleur rapport qualité/prix par rapport à *Florido*.

Dans l'ensemble, les variétés de l'espèce *D. alata* bénéficient d'un meilleur prix au fur et à mesure que les variétés appartenant aux autres types d'igname disparaissent du marché. Ainsi, malgré des tonnages croissants dans l'approvisionnement du marché, on constate que les prix augmentent en même temps, ce qui prend quelque peu en défaut la théorie économique de la loi de l'offre et de la demande qui stipule

qu'à une augmentation de l'offre, correspond en général une diminution des prix.

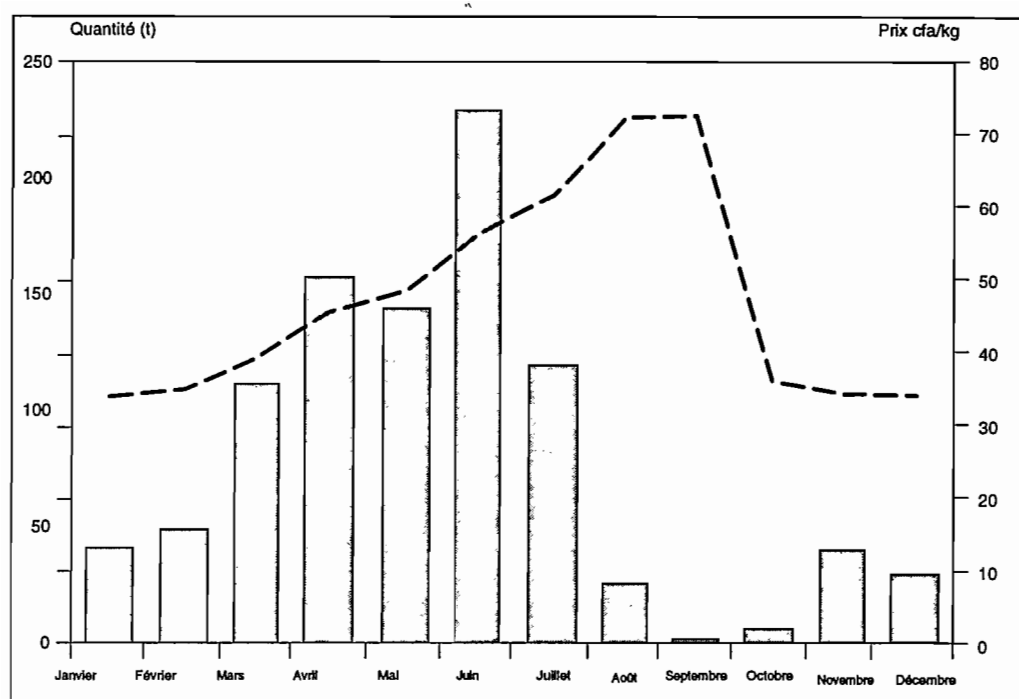
La situation qui prévaut ici, et illustrée par la figure 5, ne peut se comprendre qu'en prenant en compte le marché dans sa globalité. Le fait que, malgré une offre croissante de janvier à juin pour les variétés de l'espèce *D. alata* les prix augmentent, est significatif d'un marché qui réagit non pas aux seuls tonnages des ignames de l'espèce *D. alata*, mais à l'ensemble de l'offre en igname du marché pour laquelle se produit effectivement une baisse significative à partir de mars.

## Conclusion

Première culture vivrière en volume en Côte d'Ivoire, l'igname souffre de sa réputation de plante « difficile » pour laquelle très peu de thèmes d'intensification de la recherche connaissent actuellement une application heureuse. Le schéma de production traditionnel est de type extensif, consommateur d'espace où la jachère de longue durée représente le principal mécanisme par lequel la fertilité du sol est restaurée.

Face à cette rigidité des systèmes de culture à base d'igname, des mutations sont perceptibles dans la commercialisation. Il s'agit en premier lieu de la part prépondérante du marché prise par *Florido*, une variété d'igname d'introduction récente, et du resserrement de la gamme des variétés commercialisées autour de *Kponan*, *Krenglè*, *Bètè-Bètè* et *Florido* essentiellement.





**Figure 5.** Variation saisonnière de l'offre et des prix de demi-gros de *D. alata* sur le marché de Bouaké (moyenne de 5 campagnes).

De manière générale, la commercialisation de l'igname est caractérisée par une très grande variation saisonnière et une spécialisation régionale poussée de l'offre. Ce dernier phénomène est en relation avec les mutations en cours au niveau des systèmes de culture dans quelques bassins de production. C'est par exemple le cas de la région Nord autour de Korhogo, où la variété d'igname *Wacrou* est en voie de disparition sous l'effet d'un début de sédentarisation de l'agriculture grâce à la culture cotonnière, et donc d'un renoncement au recours systématique à l'utilisation de nouvelles défriches.

Par ailleurs, la fluctuation de l'offre pose le problème de la disponibilité des différents types d'igname à tout moment, ce qui est un aspect très sensible pour le consommateur. La solution à ce problème passe par la conservation pour laquelle les solutions modernes sont à la fois trop coûteuses et d'une application difficile en milieu paysan. La désaisonnalité de la culture peut être une solution, mais suppose souvent l'existence de moyen de production, la plupart du temps hors de portée du petit producteur.

# **T**echnologie après-récolte de l'igname : étude de l'amélioration du stockage traditionnel

O. GIRARDIN, C. NINDJIN

Csrs, Centre suisse de recherches scientifiques, BP 1303, 01 Abidjan, Côte d'Ivoire

Z. FARAH

Epfz, Ecole polytechnique fédérale de Zurich, département de science agronomique et alimentaire,  
8092 Zurich, Suisse

D. OTOKORE

Université nationale de Côte d'Ivoire, département de biochimie, 22 BP V582, Abidjan 21, Côte d'Ivoire

**Résumé** — L'igname est une importante plante à tubercule pour de nombreuses régions tropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique centrale et du Sud. Cependant, les pertes dues aux infestations ou encore à la germination ne permettent pas d'assurer un approvisionnement régulier pour des périodes de stockage suffisamment longues. La présente étude se rapporte à la technologie après-récolte de l'igname (*Dioscorea* spp.) en Côte d'Ivoire et aux possibilités d'amélioration des techniques traditionnelles. Des méthodes de contrôle des pertes physiologiques (prolongation de la dormance, égermage...) et pathologiques (traitements fongicides, insecticides, curing...) ont été étudiées sur les variétés *Krenglè* et *Lokpa* (*D. cayenensis-rotundata*) et *Florida* et *Bètè bètè* (*D. alata*), les plus répandues. La modification et l'adaptation de techniques traditionnelles ont montré leur potentiel de diminution des pertes qualitatives et quantitatives, lors du stockage de l'igname.

**Abstract** — Post-harvest technology of yam: Investigations on the improvement of the traditional storage. Yam (*Dioscorea* spp.) presents an important tuber crops and, with its high starch content, covers the basic energy need in many tropical areas of Asia, Africa and Middle and South America. Storage losses due to infestations and sprouting do not ensure a steady supply for sufficiently long periods of storage. The present investigation deals with the post-harvest technology of yam in Côte d'Ivoire and the possibilities of improving traditional storage techniques. The varieties *Krenglè*, *Lokpa* and *Gnan* (*Dioscorea cayenensis-rotundata*), *Florida* and *Bètè bètè* (*D. alata*) were used according to their local importance and availability. The varieties *Krenglè* and *Lokpa* (*D. cayenensis-rotundata*) shows a dormancy period of about a month, while dormancy for the *Florida* and *Bètè bètè* varieties (*D. alata*) is two months and two and a half months, respectively. During germination the losses increase threefold in *Krenglè*, *Lokpa* and *Bètè bètè* and eightfold in *Florida*. The change in fresh weight of the yams is highly dependent on the species as well as variety. Total loss is determined mainly by the length of the dormancy period, the growth of the sprouts and the decrease in weight during germination.

The *Bètè bètè* variety has the best storage properties. The changes in fresh weight of the tubers were virtually unaffected by the differences in temperature and RH of the different storage systems. The better protection from solar radiation and rain in the sheds and pits reduced weight losses in *D. cayenensis-rotundata* by 12% over a 6.5 months storage period. Fungicide treatment (thidiazole) did not significantly reduce the losses in *D. cayenensis-rotundata*. The insecticide deltamethrin limits development of scale insects on *D. alata* so that losses are reduced by 4.5% in a 6.5 months storage period. Gibberellic acid ( $GA_3$ ) increased the dormancy period by 3 to 7 weeks and thus reduced the final losses by 10 to 30% for a storage period of 5 months or more.  $GA_3$  is already effective at low concentrations (75 mg/kg) and with a short soaking period (30 minutes). Moreover, the stability of  $GA_3$  in solution ensures activity of this plant hormone for further three days after the solution is prepared. Soaking of the proximal part of the tubers is sufficient so that the necessary amount of  $GA_3$  solution may be reduced substantially. Monthly removal of sprouts reduced fresh weight losses during 5 months storage by 11% for *Florida* (*D. alata*) and *Gnan* (*D. cayenensis-rotundata*). Removal of sprouts reduced losses in pits, sheds and barns to an equal extent. The modification and adaptation of traditional techniques have shown potential in reducing qualitative and quantitative losses during storage of yam.

L'igname (*Dioscorea* spp.) est une plante alimentaire de première importance dans de nombreux pays tropicaux qu'ils soient situés en Asie, en Amérique du Sud, en Afrique ou plus particulièrement en Afrique de l'Ouest. Le tubercule d'igname est riche en amidon et assure par là un approvisionnement de base en énergie. Cette fonction nutritive ne peut être remplie que si sa disponibilité est garantie par une conservation adaptée pour une longue période. Le cycle végétatif de l'igname ne permet en principe

qu'une seule mise en culture par année et les variétés précoces peuvent être consommées environ quatre mois avant les tardives. Par conséquent, afin d'assurer une couverture annuelle des besoins, la durée minimale de conservation est de huit mois. Par ailleurs, il est connu que l'igname, de même que d'autres racines et tubercules comme le manioc et le taro, subit des pertes post-récolte élevées qui fluctuent entre 25 et 60 % (COURSEY et BOOTH, 1977 ; LANCASTER et COURSEY, 1984 ; ASIEDU, 1986).

Les pertes de conservation sont causées par des agents externes tels que les insectes, les rongeurs et les moisissures. De plus, la teneur élevée en eau des tubercules, associée aux blessures qu'ils subissent à la récolte ou après, les expose aux micro-organismes. La germination accélère les pertes et limite la durée de conservation. La longueur de la phase de repos qui la précède fluctue entre quatre et dix-huit semaines en fonction de la variété (PASSAM, 1982 ; WICKHAM *et al.*, 1984 ; WICKHAM, 1988).

En Côte d'Ivoire, la production annuelle d'igname dépasse les 200 kg par habitant, ce qui la place en tête des cultures vivrières (MINAGRA, 1992). Dans ces conditions, les pertes de conservation constituent un sérieux manque à gagner pour l'agriculture ivoirienne.

Les enquêtes de la FAO (1988) ont montré que des techniques modernes, telles que l'irradiation ionisante ou encore la conservation à des températures abaissées jusqu'à 15 °C, sont efficaces ; cependant, leur application semble peu probable en raison des coûts trop élevés et du stockage décentralisé principalement effectué par les agriculteurs.

## I La conservation

### Les méthodes traditionnelles

Les méthodes traditionnelles de conservation utilisées en Côte d'Ivoire ont été décrites et répertoriées par différents auteurs (KONE, 1983 ; SERPANTIE, 1982 ; DEFERNE, 1984, travail de diplôme) ; ces travaux ont fait l'objet de rapports et de mémoires. Ces techniques dépendent de la variété et de la durée de conservation espérée, des quantités et du temps disponible pour la mise en stock, ainsi que des habitudes régionales. Les méthodes les plus fréquentes sont : la conservation en buttes, en fosses, en tas, sur plates-formes, sur claies et en paillotes.

La conservation en buttes est une technique très rudimentaire, en principe réservée aux variétés à deux récoltes (*D. cayenensis-rotundata*). Le tubercule de la première récolte est parfois simplement détaché du

pied-mère et ensuite conservé dans la butte jusqu'à ce qu'il soit consommé. La conservation en terre est aussi fréquemment utilisée pour la variété *Bètè bètè* (*D. alata*) qui supporte une récolte différée jusqu'à trois mois après la sénescence des tiges. Cet étalement de la récolte coïncide avec la saison sèche et dépend des autres travaux champêtres à effectuer.

Au nord de la Côte d'Ivoire, les ignames de l'espèce *D. cayenensis-rotundata* sont parfois conservées dans des fosses creusées aux champs. Les ignames rangées sont ensuite directement recouvertes de terre, de paille ou de tiges sèches d'igname et protégées par des branches épineuses. Cette méthode de stockage concerne les ignames à une récolte et le premier tubercule de celles récoltées deux fois ; la fosse permet à ces dernières d'atteindre leur maturité physiologique.

La conservation en tas est généralement pratiquée avant le stockage définitif, dans des structures assurant une meilleure protection. Les tubercules sont disposés à des endroits protégés du soleil et des inondations. La taille des tas est réduite afin de permettre une bonne ventilation. Ce procédé ne met pas les tubercules à l'abri des ravageurs, en particulier des cochenilles (MIEGE, 1957). Au nord et à l'est du pays, les variétés à une récolte de l'espèce *D. cayenensis-rotundata*, qui sont récoltées d'octobre à novembre, restent en tas jusqu'à fin janvier ; à savoir durant la période où souffle l'harmattan, qui est un vent desséchant du Nord, les tas jouissent d'une bonne aération durant cette période.

La plate-forme, soutenue par des pilotis, sur laquelle les ignames entassées sont couvertes de branchages ou de palmes, protège les tubercules de l'humidité, de l'attaque des rongeurs et du soleil. C'est un mode de conservation intermédiaire entre le tas et la claie.

La claie verticale est la méthode de conservation la plus répandue en Côte d'Ivoire. Il s'agit d'une haie d'environ 2 m de haut qui est constituée de branches plantées verticalement dans le sol et reliées entre elles par trois traverses : une en haut, une au milieu et une au bas du bâti ; le tout est fixé à plusieurs poteaux verticaux. Les ignames sont attachées aux bois verticaux et ensuite légèrement ombragées au moyen de feuilles de palme qui, avec l'orientation est-ouest, évitent une trop forte insolation. Cette méthode est à la fois utilisée pour *D. alata* et *D. cayenensis-rotundata*. La conservation sur claies nécessitant un investissement important en travail, une solution alternative est parfois utilisée en région forestière. Le principe est identique à celui des claies mais avec deux parois verticales. Les ignames sont glissées entre les perches au lieu d'être attachées, ce qui représente un gain de temps. Le danger provient de la moins bonne protection en cas de vent violent, celui-ci pouvant provoquer la chute des ignames.

La paillote est une méthode spécifique au nord du pays, elle est de forme prismatique ou conique et elle est construite au moyen de quelques branches qui sont ensuite couvertes de tiges de mil, de sorgho ou, à défaut, de paille. Les tubercules sont entassés à même le sol, sous cet abri sommaire. La saison sèche, plus longue au nord qu'au centre et au sud du pays, peut laisser supposer qu'elle y soit mieux adaptée. La cabane décrite par DEFERNE (1984) (travail de diplôme) est une forme élaborée de paillote. Elle est plus spacieuse et est constituée par des murs de terre, de bois ou de briques, le toit est recouvert de palmes, de chaume ou de tôle. SERPANTIE (1982) ne mentionne pas la cabane mais décrit deux types de paillote, appelée *koukou*. La ronde est spacieuse (20 m<sup>3</sup>) et solide, elle est spécifique aux régions de forêt, alors que la carrée est basse (15 m<sup>3</sup>) et se rencontre là où les matériaux nécessaires à sa construction sont rares et les surfaces de production importantes.

Une comparaison des méthodes traditionnelles de conservation utilisées en Afrique de l'Ouest avec les méthodes décrites ci-dessus pour la Côte d'Ivoire, révèle peu de différences. La description faite par COURSEY (1967) englobe les modes de stockage décrits ci-dessus. La claie, communément appelée grange à ignames (*yam barn*) dans les pays anglophones, est reconnue comme étant la méthode la plus efficace et la plus répandue en Afrique de l'Ouest. Il est fréquent que les perches verticales qui constituent l'armature de la claie s'enracinent, ce qui les empêche de pourrir ou d'être attaquées par des termites, et leur croissance procure un bon ombrage aux ignames (COURSEY, 1967). KNOTH (1993) remarque que des arbres vivants peuvent être intégrés à la claie pour des raisons de statique et pour l'ombre apportée.

ETEHERE et BHAT (1986) relèvent un système, utilisé pour de petites quantités, qui consiste à suspendre les tubercules séparément à des branches qui les protègent des rayons du soleil. La technique suivante est réservée aux semences, les tubercules sont découpés en morceaux dont on enlève la partie interne. Les morceaux sont ensuite placés dans la terre, dans des endroits légèrement protégés, et ils sont couverts de feuilles de bananier. Cette phase stimule la germination et favorise la croissance aux champs.

L'entreposage en fosses est couramment pratiqué au Burkina Faso (GUENDA *et al.*, 1983). Les tubercules sont disposés verticalement avec leur partie proximale tournée vers le haut, la première couche est couverte avec de la terre, tassée par piétinement, avant d'ajouter une deuxième, troisième et éventuellement une quatrième couche. La fosse est ensuite fermée avec de la terre et elle est recouverte de branchages, une rigole d'écoulement l'entoure pour la protéger du ruissellement des eaux de pluie. ONWUEME (1978) constate que l'aération en fosses

est mauvaise et que le contrôle régulier du stock est impossible ; ce mode de conservation favorise aussi les attaques de rongeurs.

Le but des structures de conservation est d'assurer une protection contre les facteurs climatiques (pluie, soleil, température et humidité relative), contre les parasites (insectes, champignons, bactéries et nématodes), les prédateurs (rongeurs, bœufs, etc.), et les vols. Les avantages et les inconvénients des méthodes traditionnelles sur la qualité de la protection qu'elles assurent et le travail qu'elles exigent sont présentés ci-après.

La conservation en terre ou sous terre assure une protection contre les températures extrêmes et l'exposition au soleil. De plus, elle maintient une humidité relative stable et élevée. La protection semble être particulièrement adaptée à la saison sèche des premiers mois de stockage (décembre à mars). Les faiblesses de ce type d'entreposage sont l'absence d'aération et les risques d'inondation en saison des pluies, de même que la susceptibilité aux rongeurs.

L'avantage principal d'un stockage en tas est qu'il est très peu exigeant en travail ; ses faiblesses sont la lenteur de l'assèchement après la pluie, l'exposition aux vols qui sont difficiles à détecter, et les dégâts dus aux passages de troupeaux de bœufs.

Les principaux avantages de la claie sont l'aération abondante qui assure un assèchement rapide des tubercules après la pluie, ce qui limite la progression des pourritures, une bonne protection contre une exposition directe aux rayons du soleil, et un bon contrôle des vols. Les désavantages semblent être la mauvaise protection contre la pluie et le travail exigé pour fixer les ignames.

La paillote protège les ignames contre le soleil et les précipitations, en revanche, l'aération et l'assèchement après les pluies sont plus faibles que sur les claies.

## Les méthodes améliorées

Une conservation à 15 °C, combinée à un traitement fongicide, a permis de maintenir les pertes après six mois de conservation en dessous de 10 % et la germination a pu être totalement inhibée par cet abaissement de température (DEMEAUX et VIVIER, 1984). Le problème de cette technique est son coût, de 0,7 à 0,8 F par kg, ce qui est souvent supérieur au prix que reçoit le producteur pour 1 kg d'igname.

Une ventilation forcée pourrait réduire considérablement les pertes de matière fraîche, même lorsqu'elle est appliquée au stockage traditionnel. Après une conservation de 44 semaines, les pertes sur claie ou en enclos ombragé étaient de 90 % alors qu'avec une ventilation forcée continue ou intermittente, elles

n'étaient que de 18,5 et 15,7 % (MOZIE, 1982). Cette dernière méthode pourrait se révéler intéressante pour les planteurs et les grossistes qui ont accès à l'électricité.

La conservation dans une fosse bien ventilée a permis de limiter les pertes de matière fraîche, qui étaient comprises entre 15 et 25 % après cinq mois de conservation ; comparativement, les tubercules stockés sur claies ont enregistré des pertes s'élevant à 60 % durant la même période de conservation (EZEIKE, 1985).

Trois structures de conservation ont été comparées par GIRARDIN (1996) : la fosse, le hangar et la claie (figure 1). Les ignames des variétés *krenglè* et *lokpa*, conservées sur les claies, ont été soumises à un accroissement des pertes à partir du cinquième mois de stockage (figure 2). La masse relative après 6,5 mois de conservation était pour *D. cayenensis-rotundata* plus élevée dans les fosses (+ 13 %) et les hangars (+ 12 %) que sur les claies (tableau I). La température et l'humidité relative (Hr) des fosses étaient

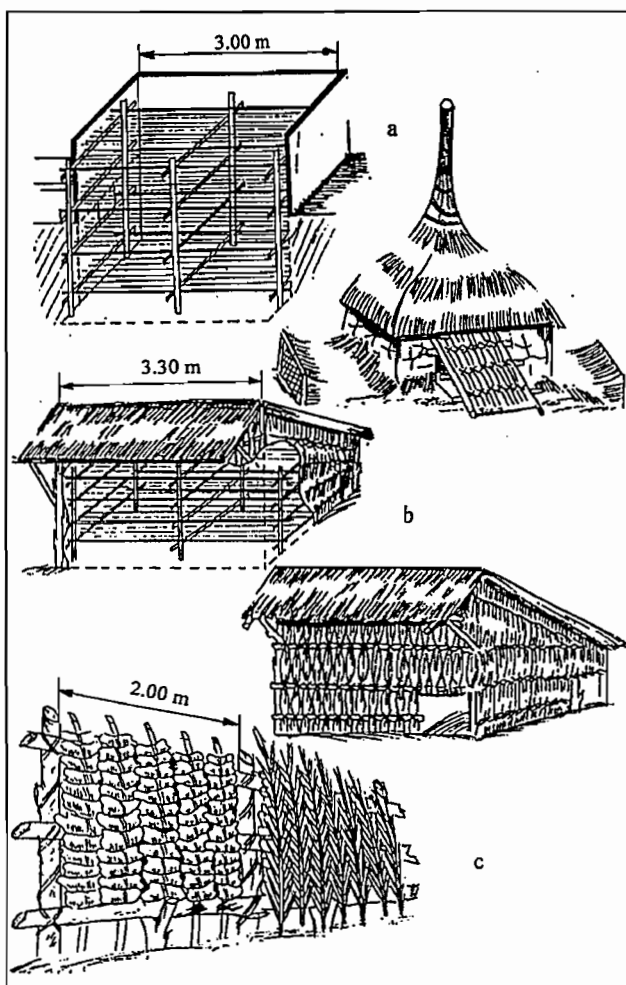


Figure 1. Vue intérieure d'une fosse (a), d'un hangar (b) et d'une claie (c) (illustration de Séraphin BRINGA KOUADIO) (GIRARDIN, 1996).

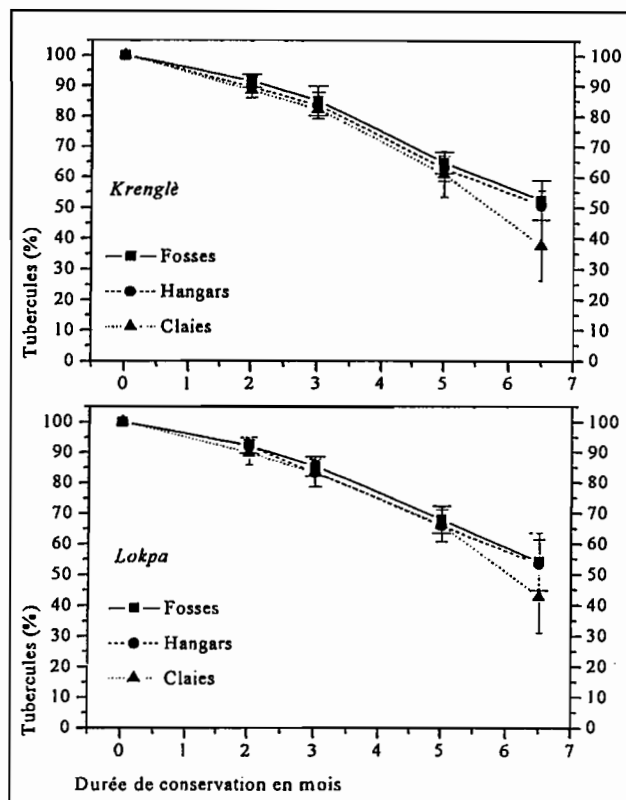


Figure 2. Evolution de la masse fraîche relative des tubercules des variétés Lokpa et Krenglè, en fonction de la structure de stockage, moyennes de deux années d'essais (1994-1995) ; les écart-types sont indiqués par les barres verticales (GIRARDIN, 1996).

plus stables que celles des hangars et des claies. L'Hr moyenne des fosses était supérieure à celle des hangars et des claies. L'évolution de la masse fraîche des tubercules n'a pas été influencée par les différences de température et d'Hr entre les structures de stockage ; en revanche, la meilleure protection contre les rayons du soleil et les précipitations en hangars, en fosses ainsi que sur les claies, a permis une réduction des pertes. COURSEY et NWANKWO (1968) ont montré que l'ombrage permet de diminuer très fortement les pertes (40 % en quatre mois). Une bonne protection contre la pluie a permis à NWANKITI *et al.* (1988) de réduire les pourritures et leur propagation. Cette plus faible exposition aux intempéries n'a pas influencé les pertes de matière fraîche de l'espèce *D. alata* moins sensible aux pourritures que *D. cayenensis-rotundata* (GIRARDIN, 1996).

Les recommandations suivantes sont valables pour tous les systèmes de conservation (HAHN *et al.*, 1987). Une bonne ventilation devrait être garantie, ce qui nécessite un lieu ouvert et exposé aux courants d'air, ensuite un ombrage satisfaisant (habituellement des arbres) qui assure que seule une lumière diffuse atteint les tubercules. Finalement, les ignames devraient être protégées contre la pluie afin d'éviter

la dispersion des spores de champignons et des bactéries. Une bonne protection contre les parasites, insectes et ravageurs devrait être assurée. Avant la mise en conservation, un assainissement de l'entrepôt et une sélection des tubercules sains devraient être effectués. Enfin, durant toute la période de conservation, il est conseillé de procéder à des contrôles réguliers, de trier les tubercules qui pourrissent et de poursuivre l'assainissement du dépôt (WILSON, 1980). Le même auteur propose de clôturer l'entrepôt et de revêtir la clôture de tôles pour garantir une protection contre les rats.

## Le stockage et ses pertes

Les pertes, lors de la conservation, peuvent être attribuées à des facteurs physiques, pathologiques et physiologiques (AJAYI et MADUEKE, 1990). Les causes physiques regroupent les dommages mécaniques, tels que les blessures occasionnées lors de la récolte et les dommages dus à des excès de température.

### Les pertes physiologiques et leur contrôle

La respiration, la déshydratation et la germination constituent les pertes d'origine physiologique (ONWUEME, 1978). La respiration des ignames en conservation semble être influencée par la température et par le stade physiologique des tubercules : fraîchement récoltés, dormants ou en germination. La déshydratation des tubercules au cours du stockage est responsable de pertes qui peuvent s'élever à 20 % de la masse initiale du tubercule (COURSEY et WALKER, 1960 In ONWUEME, 1978). Les pertes d'eau constituent la principale diminution de masse fraîche du tubercule durant la phase dormante (PASSAM et al., 1978).

Lors de la germination, l'activité métabolique s'intensifie, ce qui correspond à un accroissement des taux de respiration. Des tubercules sains se conservent d'une manière satisfaisante aussi longtemps qu'il sont dormants (PASSAM, 1982).

### Les propriétés variétales

Les propriétés de conservation des variétés *Krenglè* et *Lokpa* (*D. cayenensis-rotundata*) ainsi que *Florida* et *Bètè bètè* (*D. alata*) ont été comparées durant trois ans (GIRARDIN, 1996).

La première phase physiologique, appelée respiration, intervient immédiatement après la récolte. Les tubercules fraîchement déterrés ont un taux de respi-

**Tableau I.** Influence de la structure de stockage sur les pertes journalières de matière fraîche des ignames en germination (% par jour), ainsi que sur leur masse relative après 6,5 mois (%) de stockage (moyennes de 1994 et 1995).

Structure	Germination (% par jour)	Masse 6,5 mois (%)
<i>D. cayenensis-rotundata</i> (Krenglè et Lokpa)		
Fosses	- 0,27b	54b
Hangars	- 0,27b	53b
Claies	- 0,35a	41a
<i>D. alata</i> (Florida et Bètè bètè)		
Fosses	- 0,20a	67a
Hangars	- 0,20a	65a
Claies	- 0,19a	65a

ration élevé. Ceci est dû à un épiderme très mince et aux blessures survenues lors du déterrage et du transport. Les pertes par déshydratation et par respiration sont fortes durant cette phase (figure 3 et tableau II). A ce premier mois de stockage, succède une période de un à deux mois et demi, appelée dormance. Cette phase de vie ralentie est caractérisée par une faible régression de la masse des tubercules. Les variétés *Krenglè* et *Lokpa* (*D. cayenensis-rotundata*) ont une période de dormance d'environ un mois. Pour les variétés *Florida* et *Bètè bètè* (*D. alata*), la dormance est respectivement de deux mois et deux mois et demi. La phase dite de germination vient rompre cette période de repos. La croissance des germes entraîne une augmentation des pertes dues à la respiration et à la déshydratation.

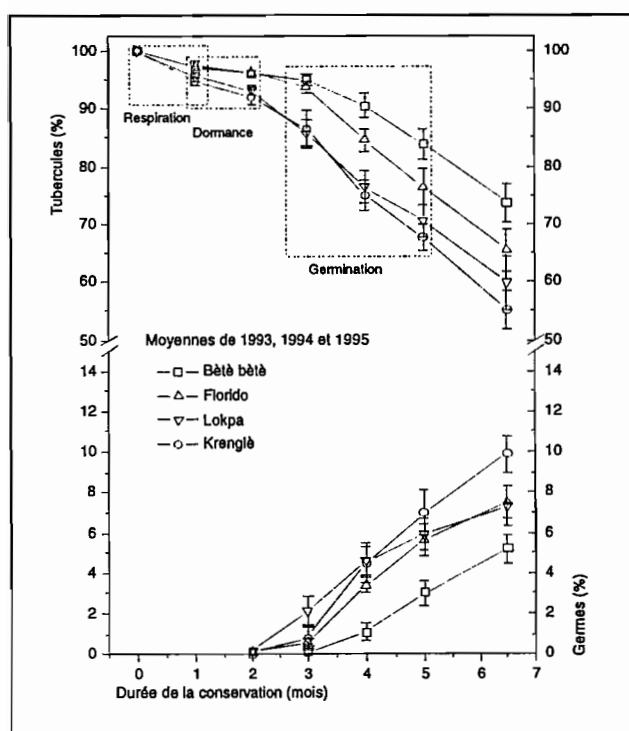
Les résultats de GIRARDIN (1996) ont montré que lors de la germination, les pertes journalières de *Krenglè*, *Lokpa* et *Florida* sont multipliées par huit et celles de *Bètè bètè* par trois par rapport à celles de la dormance (tableau II). PASSAM et al. (1978) ont mesuré et calculé que la croissance des germes accentuait les pertes imputables à la respiration. Elles sont, selon leurs résultats, multipliées par sept par rapport à la dormance. Le rôle de la respiration dans les pertes a été souligné et mis en première position (COURSEY, 1967) ; toutefois, les résultats de GIRARDIN (1996) ont confirmé que c'était surtout lorsqu'elle est renforcée par la germination que la respiration cause d'importantes réductions de masse.

DUMONT et JEANTEUR (1988) ont proposé de remplacer *Florida*, importée en Côte d'Ivoire de Porto Rico, par une variété dotée d'une meilleure aptitude à la conservation et ceci afin de diminuer les importants coûts de conservation. *Bètè bètè*, une variété traditionnelle, a montré ses bonnes qualités de conservation, ce qui explique qu'elle ait bien résisté à l'introduction de *Florida* (GIRARDIN, 1996).



**Tableau II.** Evolution moyenne des ignames et de leurs germes en conservation, en fonction de la saison et de la variété. La masse fraîche relative des tubercules et des germes est donnée pour 6,5 mois de conservation.

Année	Variété	Evolution de la matière fraîche (% par jour) au cours de la phase de			Masse relative (%) des		
		respiration	dormance	germination	tubercules	germes	
1993	Krenglè	- 0,111 $a_3^{(1)} c_k^{(2)}$	0,034 $ab_3^{(1)} b_k^{(2)}$	- 0,318 $a_3^{(1)} a_k^{(2)}$	62,9 $a_3^{(1)} c_k^{(2)}$	12,1 $c_3^{(1)} c_k^{(2)}$	
	Lokpa	- 0,110 $a_3 b_l$	0,034 $ab_3 c_l$	- 0,222 $b_3 a_l$	71,1 $b_3 b_l$	6,9 $b_3 a_l$	
	Florido	- 0,056 $b_3 c_f$	0,018 $b_3 a_f$	- 0,243 $b_3 b_f$	70,0 $b_3 b_f$	7,3 $b_3 ab_f$	
	Bètè bètè	- 0,077 $b_3 b_b$	0,060 $a_3 a_b$	- 0,109 $c_3 b_b$	80,6 $c_3 b_b$	2,8 $a_3 a_b$	
1994	Krenglè	- 0,199 $a_4 a_k$	0,112 $a_4 a_k$	- 0,346 $a_4 a_k$	48,6 $a_4 a_k$	10,9 $b_4 b_k$	
	Lokpa	- 0,157 $b_4 a_l$	0,119 $a_4 a_l$	- 0,255 $b_4 a_l$	54,4 $a_4 a_l$	7,7 $a_4 a_l$	
	Florido	- 0,100 $c_4 b_f$	0,040 $b_4 a_f$	- 0,229 $b_4 b_f$	68,6 $b_4 b_f$	7,0 $a_4 a_f$	
	Bètè bètè	- 0,081 $c_4 b_b$	0,042 $b_4 a_b$	- 0,219 $b_4 a_b$	71,5 $b_4 a_b$	7,3 $a_4 c_b$	
1995	Krenglè	- 0,164 $a_5 b_k$	0,115 $a_5 a_k$	- 0,253 $b_5 b_k$	56,3 $a_5 b_k$	6,9 $b_5 a_k$	
	Lokpa	- 0,134 $b_5 b_l$	0,082 $b_5 b_l$	- 0,250 $b_5 a_l$	53,7 $a_5 a_l$	7,0 $b_5 a_l$	
	Florido	- 0,133 $b_5 a_f$	0,047 $c_5 a_f$	- 0,331 $a_5 a_f$	56,1 $a_5 a_f$	8,3 $c_5 b_f$	
	Bètè bètè	- 0,139 $ab_5 a_b$	0,053 $bc_5 a_b$	- 0,175 $c_5 a_b$	67,1 $b_5 a_b$	5,5 $a_5 b_b$	



**Figure 3.** Evolution de la masse fraîche (en % du tubercule à la récolte) des tubercules et des germes, les barres verticales représentent les écart-types (GIRARDIN, 1996).

L'évolution de la masse fraîche de l'igname est fortement dépendante de l'espèce et de la variété. Ce sont principalement la durée de la dormance, la croissance des germes et la régression de la masse lors de la germination qui influencent le plus fortement les pertes finales. Lorsque la dormance est levée et que la germination a commencé, les tubercules se

dégradent rapidement et les agents pathogènes se propagent. A ce stade, une prolongation du stockage n'est plus possible (PASSAM 1977 ; PASSAM et NOON, 1977). Cette dernière observation doit être nuancée car elle s'applique effectivement à *Krenglè*, mais semble inadaptée à *Bètè bètè* (GIRARDIN, 1996).

### Prolongation de la dormance

La dormance semble essentielle à la conservation et les nombreux essais entrepris pour prolonger cet état le confirment. Le contrôle de la température de conservation a fait l'objet de plusieurs recherches. Le froid cause déjà des lésions irréversibles (*chilling injury*) à partir de 10 à 12 °C (COURSEY, 1968). Cependant à 16 °C, il a été possible de prolonger de quatre mois la dormance et par conséquent, la durée de conservation de tubercules de *D. alata* (GONZALEZ et RIVERA, 1972). L'inhibition de la germination n'est complète qu'au-dessous de 17 à 18 °C, la marge de température, pour permettre une bonne conservation, est donc faible (DEMEAUX et VIVIER, 1984).

La germination a pu être supprimée de façon efficace au moyen d'une ionisation aux rayons gamma (ADESIYAN, 1977 ; ADESUYI, 1982 ; DEMEAUX et VIVIER, 1984 ; RIVERA *et al.*, 1974). Bien qu'ayant démontré son efficacité, cette technique, tout comme l'abaissement de la température, semble être inadaptée aux méthodes traditionnelles de conservation qui sont actuellement utilisées en Afrique de l'Ouest.

Différentes substances anti-germinatives ayant démontré leur efficacité sur la pomme de terre ont été testées sans succès sur l'igname. Ces produits agissent



généralement sur la mitose des cellules du méristème aux points de germination. Dans le cas de la pomme de terre, les bourgeons préformés sont localisés superficiellement alors que pour l'igname, les bourgeons sont formés à la levée de la dormance et proviennent de la zone sous-épidermique (ONWUEME, 1973).

Les hormones naturelles et de synthèse ont fait l'objet de nombreux essais quant à leur effet anti-germinatif. A ce jour, l'acide gibbérellique est la seule substance qui a permis une prolongation efficace de la dormance (WICKHAM *et al.*, 1984) et une diminution des pertes de conservation. L'effet inhibiteur de l'acide gibbérellique peut surprendre si l'on sait que cette hormone stimule généralement l'élongation des tiges, peut induire la germination de certaines semences et stimuler la production de nombreuses enzymes telles que l'alpha amylase (DAVIES, 1995).

Une formulation commerciale d'acide gibbérellique (Berelex Zeneca Agrochemicals, Fernhurst Haslemere, GB), utilisée en arboriculture, a été testée sur les variétés *Krenglè*, *Gnan* et *Bètè bètè* (GIRARDIN, 1996). Quelques minutes avant le traitement, un comprimé a été dissout dans une bassine d'une profondeur de 0,3 m et de 0,5 m de diamètre, contenant 6 l d'eau. La concentration de la solution ainsi obtenue était de 150 mg/kg, elle a été utilisée une seule fois. Les 6 l de solution représentaient une hauteur de liquide d'environ 3 cm, dans lequel la partie proximale (tête) des ignames a été immergée pendant 2 h. Le traitement au  $Ga_3$  a permis de prolonger la période de dormance et a ainsi diminué les pertes de matière fraîche. Cet effet était net pour la variété *Krenglè* dont les pertes ont été réduites de moitié en 6,5 mois de conservation (figure 4 et tableau III).

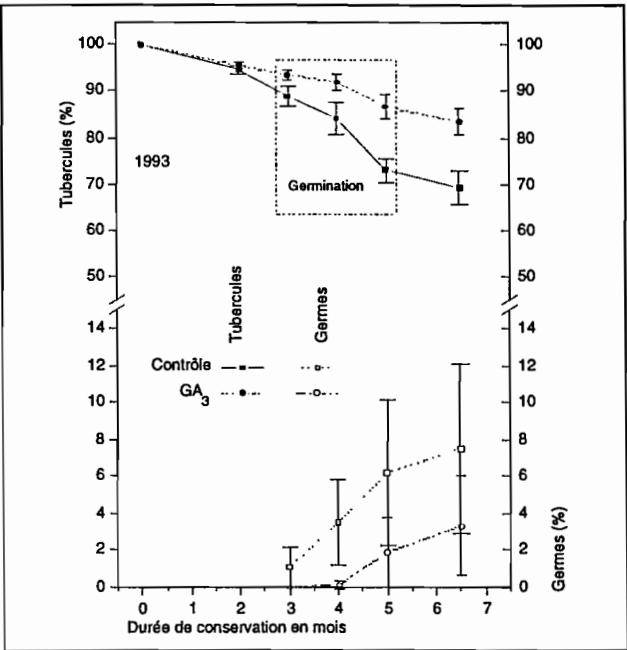


Figure 4. Evolution de la masse fraîche relative (%) des tubercules et des germes, lors de la conservation de *Krenglè* en 1993 ; les barres verticales représentent les écarts-types (GIRARDIN, 1996).

Cette diminution est allée de pair avec un plus faible taux de germination.

La stabilité du  $Ga_3$  a été testée sur des tubercules de la variété *Gnan*, trempés durant 2 h dans un bain à 150 mg/kg, un jour après la mise en solution. Le  $Ga_3$  a prolongé la durée de la dormance de 18 j. Les pourritures de *Gnan* ont été réduites de moitié par le  $Ga_3$ . Le meilleur état des ignames traitées a permis de

Tableau III. Evolution de la masse des tubercules et des germes de la variété *Krenglè* trempée durant 2 h dans une solution de 150 mg/kg de  $Ga_3$ , ainsi que de celles de leur contrôle non trempé.

	Stokage (mois)	Tubercules (%)	Ecart-types (%)	Germes (%)	Ecart-types (%)
Contrôle	0	100	0		
	2	95	0,9		
	3	89	2,1	1,1	1,1
	4	84	3,3	3,5	2,3
	5	73	2,6	6,2	3,9
	6,5	69	3,6	7,5	4,6
$Ga_3$ 150 mg/kg	0	100	0		
	2	95	0,7		
	3	94	1,1	0	0
	4	92	1,6	0,1	0,2
	5	87	2,4	1,9	1,9
	6,5	83	2,7	3,3	2,7

réduire les pertes de matière fraîche de 29 % pour une durée de conservation de 4 mois. Ce contrôle des pourritures, aussi observé sur *Krenglè*, montre que durant la dormance, l'igname est moins exposée aux attaques cryptogamiques que lors de la germination. Cette meilleure résistance des tubercules traités au  $Ga_3$  confirme les observations d'IGWILO (1988).

A partir du traitement standard (150 mg/kg, 2 h), plusieurs variantes ont été effectuées et testées sur la variété *Bètè bètè*. Ces traitements ont consisté à faire varier : la concentration du  $Ga_3$ , les durées de trempage, et à tester la stabilité du  $Ga_3$  en utilisant plusieurs fois le même bain (GIRARDIN, 1996). La masse relative des tubercules provenant de chacune des 4 concentrations testées était plus élevée que celles du contrôle (tableau IV). Dix mois après la récolte, les différentes concentrations utilisées ne se distinguaient pas significativement entre elles. Les tubercules traités au  $Ga_3$  avaient, après 5 mois, 20 % et après 10 mois, 28 % de pertes en moins que ceux du contrôle. Les différentes durées de trempage ont permis, à 5 comme à 10 mois, de réduire significativement les pertes de masse des tubercules. Après 5 mois de conservation, les trempages successifs dans

la même solution se distinguaient tous significativement du contrôle mais pas entre eux (tableau IV). Le traitement à l'acide gibbérellique a permis, pour chaque type de traitement, de prolonger la dormance. Cette prolongation a été comprise entre 47 et 59 j pour les différentes concentrations, entre 26 à 43 j pour les différentes durées de trempage et entre 27 à 38 j pour les répétitions du trempage. NNODU et ALOZIE (1992) ont recommandé une immersion de 6 h, 2 et 4 h ne diminuant pas assez efficacement les taux de germination. GIRARDIN (1996) a montré que quelle que soit la durée utilisée, elle permettait une réduction des pertes par rapport au contrôle, un traitement de 30 min étant, après 10 mois de conservation, aussi efficace qu'un de 4 h. Un trempage de 2 h dans une solution de 150 mg/kg réutilisée 6 fois permettrait de réduire les coûts du  $Ga_3$  par rapport à la méthode proposée par NNODU et ALOZIE (1992). Ces derniers avaient entièrement immergé les tubercules et ils recommandaient une immersion de 6 h. Le trempage d'environ 3 cm de la partie proximale du tubercule tel qu'effectué par IGWILO (1988) l'a aussi été par GIRARDIN (1996). L'avantage de cette méthode, qui s'est révélée être efficace, est qu'elle nécessite à la fois peu d'eau et d'acide gibbérellique.

**Tableau IV.** Influence du  $Ga_3$  sur la masse fraîche relative des tubercules après 5 mois (T. 5m) et 10 mois (T. 10m) de conservation, sur la teneur en matière sèche (T. ms) et les pertes de matière sèche consommable (Pmscs) après un stockage de 10 mois.

Influence du  $Ga_3$  sur la dormance (D. jours), sur la longueur des germes (Lg en cm/kg de tubercule), après 5 mois de conservation de la variété *Bètè bètè*.

$Ga_3$	Variantes	T. 5m (%)	T. 10m (%)	T. ms	Pmscs (%)	D. (jours)	L.G. (cm/kg)
Concentration (1)	0 mg/kg	68 a	35 a	40 d	64 b	73 a	192 c
	75 mg/kg	84 b	60 b	34 c	41 a	120 b	73 b
	150 mg/kg	89 c	62 b	34 bc	34 a	128 bc	43 ab
	300 mg/kg	90 c	64 b	31 ab	38 a	132 c	35 a
	525 mg/kg	91 c	67 b	30 a	41 a	126 bc	20 a
Durée (2)	0 h	65 a	29 a	39 b	77 b	78 a	209 b
	5,5 h	77 b	47 b	36 ab	50 a	105 b	151 ab
	1 h	77 b	51 b	36 ab	44 a	107 b	145 ab
	2 h	82 c	55 b	37 b	44 a	104 b	112 b
	4 h	84 d	50 b	34 a	49 a	121 c	109 a
Trempage (3)	0	70 a	42 a	39 c	64 c	84 a	229 c
	1 (0-2 h)	86 b	62 d	34 ab	40 a	122 c	71 a
	2 (2-4 h)	82 b	54 bc	33 a	44 a	116 bc	135 b
	3 (4-6 h)	83 b	56 cd	35 ab	40 a	117 bc	108 ab
	4 (6-8 h)	82 b	50 b	36 b	56 bc	111 b	93 ab
	5 (8-10 h)	86 b	59 d	34 ab	46 a	123 c	64 a
	6 (24-26 h)	84 b	57 cd	34 ab	47 ab	118 bc	94 ab

Les moyennes (10 répétitions et 3 tubercules/répétition) suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $P = 0,05$  ; les comparaisons se limitent aux différences entre les variantes à l'intérieur de chaque traitement.

(1) concentration : solution de  $Ga_3$  utilisée pour un traitement de 2 h.

(2) durée : durée du traitement dans une solution d'une concentration de 150 mg/kg de  $Ga_3$ .

(3) trempage : répétition dans la même solution à 150 mg/kg de  $Ga_3$  ; le temps écoulé depuis la préparation de la solution est indiqué entre parenthèses.

## L'égermage

KNOTH (1993) constate que les données sur l'égermage font défaut et conseille de ne pas supprimer les germes avant qu'ils n'aient atteint une longueur de 50 cm car un égermage trop fréquent pourrait stimuler leur reproduction. WILSON (1980) recommande de couper régulièrement les germes des tubercules retenus pour la semence. La suppression, dès leur apparition, des germes des tubercules réservés pour la semence, a permis une augmentation significative du rendement (NWANKITI, 1988).

DUMONT (1994) a pu réduire les pertes de 5 à 7 % au moyen d'un égermage mensuel ; les pertes dues aux avaries ont elles aussi été plus faibles. Une suppression mensuelle des germes influence fortement les pertes journalières de matière fraîche des tubercules lors de la germination et, par conséquent, leur masse fraîche relative en fin de conservation ; ceci quelle que soit la structure (fosses, hangars et claies) de stockage utilisée (GIRARDIN, 1996). L'égermage a permis une réduction de la masse et de la longueur des germes, ce qui a eu pour conséquence une diminution des pertes de conservation (GIRARDIN, 1996). Cette technique s'est révélée aussi efficace sur

*D. cayenensis-rotundata* que sur *D. alata*. Les techniques d'égermage suivantes ont été comparées : une suppression mensuelle et hebdomadaire des germes avec, pour chacune des deux méthodes, une coupe à la base ou à 1 cm de la base du germe (tableau V) (GIRARDIN, 1996). La suppression des germes à 1 cm a été testée afin d'examiner si l'égermage, au niveau du tubercule, engendrait des blessures et augmenterait ainsi les pertes. Ces essais ont été réalisés sur les variétés *Gnan* (*D. cayenensis-rotundata*) et *Florida* (*D. alata*). Après 6 mois, les ignames non égermées de la variété *Gnan* avaient, lors de la germination, les pertes de matière fraîche les plus élevées et celles qui ont été égermées chaque semaine à la base, les plus petites, finalement l'égermage a permis de réduire les pertes de matière fraîche de 12 %. Il n'y avait pas de différence significative entre la masse relative des ignames égermées mensuellement et chaque semaine à la base (tableau V). Pour la variété *Florida*, les tubercules non égermés étaient ceux qui ont eu les plus importantes pertes de masse fraîche lors de la germination. Après 6 mois de stockage, la différence entre tubercules non égermés et égermés chaque semaine à la base, était de 15 %. La teneur en matière sèche des ignames non égermées

**Tableau V.** Influence de la technique d'égermage de deux variétés d'igname sur les pertes de matière fraîche lors de la germination (% par jour), la masse relative (%) et la teneur en matière sèche (g/100 g) des tubercules, ainsi que sur la masse des germes (%) et leur longueur relative (cm/kg) après 5 et 6 mois de stockage.

Stockage technique d'égermage		tubercules			germes	
		germination (% par jour)	masse (%)	Ms (g/100g)	masse (%)	longueur (cm/kg)
<i>D. cayenensis-rotundata</i>						
5 mois (1)	non égermées	- 0,31 a	62 a	45 d	8,4 c	222 b
	égermées base/semaine	- 0,18 b	79 d	40 a	4,4 a	74 a
	égermées à 1 cm/semaine	- 0,19 bc	74 cd	42 bc	3,7 a	70 a
	égermées base/mois	- 0,20 cd	73 cb	41 ab	6,0 b	99 a
	égermées 1 cm/mois	- 0,22 d	71 b	43 cd	4,3 a	121 a
6 mois <sup>(1)</sup>	non égermées	- 0,29 a	57 a	47 c	8,4 b	268 c
	égermées base/semaine	- 0,20 c	69 c	42 a	4,6 a	66 a
	égermées à 1 cm/semaine	- 0,23 bc	65 bc	43 b	3,9 a	87 ab
	égermées base/mois	- 0,20 c	70 c	43 ab	7,2 b	132 b
	égermées 1 cm/mois	- 0,25 b	63 b	44 b	5,3 b	134 b
<i>D. alata</i> (Florida)						
5 mois <sup>(2)</sup>	non égermées	- 0,34 a	62 a	32 b	7,7 c	334 b
	égermées base/semaine	- 0,19 b	77 b	29 a	5,4 b	169 a
	égermées à 1 cm/semaine	- 0,22 b	72 b	31 b	3,3 a	156 a
	égermées 1 cm/mois	- 0,23 b	73 b	32 b	5,5 b	284 b
6 mois <sup>(2)</sup>	non égermées	- 0,31 a	57 a	35 b	7,0 b	380 b
	égermées base/semaine	- 0,19 b	72 b	30 a	5,5 a	181 a
	égermées à 1 cm/semaine	- 0,23 c	66 c	31 a	5,0 a	191 a
	égermées 1 cm/mois	- 0,26 d	63 d	33 b	6,8 b	332 b

Les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $P = 0,05$ .

(1) 8 répétitions (5 tubercules/répétition)

(2) 8 répétitions (4 tubercules/répétition)

était de 5 g/100 g plus élevée que celle des ignames égermées chaque semaine à la base. Les tubercules non égermés avaient les germes les plus lourds et les plus longs (tableau V).

La technique de coupe a été plus importante que la fréquence, et les pertes journalières, lors de la germination, ont été plus faibles lorsque la coupe a été réalisée à la base du germe qu'à 1 cm. Un quelconque effet stimulateur (KNOTH, 1993) d'une suppression trop fréquente des germes n'a pas été constaté par GIRARDIN (1996).

## Les pertes pathologiques et leur contrôle

Les éléments pathologiques incluent les attaques provoquées par des insectes et des nématodes ainsi que les maladies fongiques, bactériennes et virales.

### Les pourritures

L'espèce *D. cayenensis-rotundata* est plus sensible aux pourritures provoquées par des champignons que *D. alata*. Les *Penicillium* sont pour NOON (1978), RICCI *et al.* (1979) et FOUA-BI *et al.* (1979), les agents pathogènes qui causent globalement les plus graves dégâts. Selon DEGRAS (1986), *P. oxalicum* peut se manifester au-dessus de l'écorce, apparemment indemne, par des conidies vertes recouvrant des lésions brunes à brun noirâtre avec des teintes violacées chez certaines *D. cayenensis-rotundata* et des traînées blanc-verdâtre chez *D. alata* (FOUA-BI *et al.*, 1979). Les champignons pathogènes des tubercules d'igname ont un développement optimal lorsque l'humidité relative est élevée et que la température oscille entre 25 et 30 °C à l'exception de *Aspergillus niger* van tiegh et *Mucor circinelloides* van Tiegh qui ont un bon développement à des températures supérieures à 35 °C (IKOTUN, 1983).

### Protection fongicide

Les conditions de conservation influencent le développement des champignons ; ainsi l'application de thiabendazole ou de benomyl ont permis de réduire les pertes de masse lors d'une conservation au frais, mais ont été sans effet lors d'une conservation ambiante (THOMPSON *et al.*, 1977). Après une conservation de six mois et demi, l'antiparasitaire n'a pas eu d'effet significatif sur la masse relative des tubercules de *Krenglè* (GIRARDIN, 1996).

### Protection à l'aide d'une cicatrisation (*curing*)

Les micro-organismes responsables des pourritures lors de la conservation pénètrent par des blessures (OGUNDANA *et al.*, 1970), cela indique que la détérioration des tubercules peut être réduite en minimi-

sant les lésions lors de la récolte et du transport (NOON, 1978). COURSEY (1967) remarquait déjà que les attaques d'agents pathogènes étaient énormément facilitées par des dommages physiques causés par des coupures, des contusions ou par des nématodes avant et lors de la récolte. Des substances antifongiques ont été trouvées dans la peau, mais pas dans la chair de l'igname. Leur efficacité *in vitro* a été prouvée sur plusieurs champignons pathogènes, démontrant ainsi le rôle protecteur de l'épiderme (OGUNDANA *et al.*, 1984).

La cicatrisation des blessures occasionnées aux tubercules lors de la récolte et des manipulations qui suivent est favorisée par une exposition de quelques jours à température et humidité relative élevées. Ce traitement ne semble être efficace que lors de blessures relativement profondes telles que celles provoquées par des coupures au couteau. En revanche, les blessures dues à des abrasions ou à un pelage sèchent mais ne se cicatrisent pas (PASSAM *et al.*, 1976). Le tri à la récolte de la majorité des ignames blessées (20-30 %) pourrait expliquer que le *curing* n'ait eu aucun effet sur *Krenglè* (GIRARDIN, 1996).

Les recommandations qui suivent ont été formulées par WILSON (1980) et sont destinées à la mise en pratique du *curing* par l'agriculteur. Il devrait être effectué immédiatement après la récolte et après le transport sur le lieu de conservation. Les ignames devraient être recouvertes durant quatre jours afin de retenir la chaleur et l'humidité relative qu'elles génèrent. La température, sous cette couverture, devrait être comprise entre 32-40 °C et l'humidité relative entre 70 et 95 %. Le même auteur recommande de ne pas déposer la bâche directement sur les ignames, mais de les couvrir tout d'abord d'une couche de paille et il déconseille d'utiliser une bâche en plastique. Après le *curing*, il est important de faire très attention lors de la manutention des ignames, afin d'éviter de nouvelles blessures.

### Les insectes

En Côte d'Ivoire, les pertes dues aux insectes sont importantes, ainsi lors d'une enquête qui a porté sur 105 exploitations de la zone centre, 60 % des agriculteurs estimaient subir des pertes importantes sur les stocks et 33 % attribuaient celles-ci aux insectes (SERPANTIE, 1983). Une prospection effectuée en avril 1984 dans la zone nord-est révèle que 63 % des tubercules sont attaqués par des pyrales, les pertes de poids dues aux insectes allant jusqu'à 25 % après quatre mois de conservation (SAUPHANOR et RATNADASS, 1985).

Les pertes sont dues, pour l'essentiel, aux larves de deux lépidoptères : *Euzopherodes vapidella* Mann (Pyralidae, Phyticinae) et une Tineidae (SAUPHANOR et RATNADASS, 1985 ; SAUPHANOR

et al., 1987). La seconde espèce se développe sur un aliment moins hydraté que la première ; elle lui succède sur les tubercules de *D. alata* après trois ou quatre mois de conservation (SAUPHANOR et RATNADASS, 1985). *Phanerotoma leucobasis* Kriech (Braconidae), parasite ovariaire de *E. vapidella*, a parasité 30 % des larves après deux à trois mois de conservation et 70 % au bout de quatre mois. Il est possible que cette pression soit à l'origine de la raréfaction des pyrales après quelques mois de stockage.

Deux espèces de cochenilles, *Aspidiella hartii* Ckll (Coccidae) et *Planococcus dioscorea* Will (Pseudococcidae), sont communément rencontrées sur les tubercules de *D. cayenensis-rotundata* et *D. alata* (SAUPHANOR et RATNADASS, 1985). Le seul ravageur de l'ordre des coléoptères observé régulièrement sur les tubercules d'igname était *Araecerus fasciculatus* Deg (Anthribiidae). Malgré sa fréquence, il a causé peu de dégâts (SAUPHANOR et RATNADASS, 1985). Dans le cadre d'un essai de stockage au sud-est du Nigeria (PLUMBLEY et REES, 1983), 4 espèces d'igname ont été attaquées par *A. fasciculatus* et *Decadarchis minuscula* Walsingham (Tineidae). Les deux insectes se sont manifestés ensemble et ont attaqué principalement les parties blessées et endommagées. DINA (1977) a observé le développement de *Dasytes rugosella* Stainton (Tineidae) sur des tubercules de *D. alata*. Cet insecte, tout comme *E. vapidella*, n'attaque que les tubercules endommagés. Par conséquent, DINA (1977) recommande de récolter les tubercules avec beaucoup de soin, en début de saison sèche, avant que le sol ne soit trop sec.

La part des différentes variétés d'igname dans la production ivoirienne est conditionnée dans une large mesure par leur possibilité de conservation. Les variétés du groupe Bètè bètè (*D. alata*), qui sont les plus cultivées en zone centre où l'igname constitue la base de l'alimentation vivrière, peuvent être conservées sur plus de 6 mois. Mais elles sont particulièrement sensibles aux insectes qui causent des pertes très élevées ; les insectes ont, en revanche, un impact limité sur les variétés de *D. cayenensis-rotundata* (SAUPHANOR, 1988).

### Protection insecticide

Lors d'un essai avec plusieurs insecticides, ATU (1986) a pu montrer l'efficacité du carbosulfan et de l'heptachlore. Les tubercules traités ont été moins exposés aux pourritures et ont mieux germé. Le trempage des tubercules dans des solutions insecticides à base de pyréthrinoides, effectué dès la récolte, réduit sensiblement le taux d'infestation et les pertes dues aux insectes (SAUPHANOR et RATNADASS, 1985). L'application de deux traitements de 25 mg/kg de deltaméthrine sur la variété *Suidié* (*D. alata*), un immédiatement après la récolte et l'autre après un mois de stockage, ont permis de limiter le développement des

lépidoptères et ainsi de ramener les pertes dues aux insectes de 48 à 15 % (SAUPHANOR et RATNADASS, 1985).

Une application après la récolte de 25 mg/kg de deltaméthrine sur la variété *Bètè bètè* a favorisé la croissance des germes. Ils avaient, après 6,5 mois de conservation, une masse relative 9 fois supérieure à ceux du contrôle. L'inhibition presque totale de la germination des ignames non traitées de la variété *Bètè bètè* provenait d'une attaque de cochenilles ; ces dernières, déjà partiellement présentes à la récolte, ont été éliminées par l'insecticide (GIRARDIN, 1996). Les cochenilles, principalement *Aspidiella hartii*, recouvraient les tubercules en formant une croûte gris clair ; la différence entre traités et non traités était clairement visible. Un trempage dans un bain à 25 mg/kg de deltaméthrine a aussi permis à SAUPHANOR et RATNADASS (1985) de contrôler le développement des cochenilles au cours du stockage.

Certains planteurs ont l'habitude de disposer les ignames infestées au pied d'arbres où se trouve une forte colonisation de fourmis. Ces dernières se nourrissent des cochenilles, les ignames recouvrent leur pouvoir germinatif et peuvent ainsi être utilisées pour la semence.

Les attaques d'insectes sur *D. cayenensis-rotundata* ont été très limitées au cours des expérimentations de GIRARDIN (1996) et elles ont été observées sur les ignames préalablement attaquées par des champignons pathogènes.

### Les nématodes

Parmi les principaux nématodes parasites de l'igname, on peut nommer *Scutellonema bradys*, *Pratylenchus coffeae* et *Meloidogyne* spp. La part des pertes occasionnées par les nématodes endogènes *S. bradys* et *P. coffeae* est particulièrement importante durant le stockage. Initialement, les dégâts se caractérisent par de petites taches jaunâtres qu'on découvre lorsque la peau est enlevée ; ensuite elles brunissent jusqu'à devenir noires et les lésions coalescentes forment ensuite une couche sèche et foncée qui parfois va jusqu'à former une gaine sur le tubercule (BRIDGE, 1982). Vu de l'extérieur, on observe des craquelures de la peau du tubercule qui parfois s'écaille, et des taches brun foncé apparaissent (JATALA et BRIDGE, 1990). Il en résulte un aspect typique de pourriture sèche *dry rot* (CASTOGNONE-SERENO, 1989). *S. bradys* se nourrit et se reproduit dans les tubercules en conservation. Leur nombre peut s'accroître de 9 à 14 fois chez *D. cayenensis-rotundata* et de 5 à 8 fois chez *D. alata* et ceci pour une durée de conservation de 5 à 6 mois (BRIDGE, 1973 ; ADESIYAN, 1977). Les tubercules de *D. alata* non infestés ne perdent qu'environ 10 % de leur

masse fraîche en 4,5 mois de conservation, alors que ceux qui sont infestés en perdent jusqu'à 30 % (CADET et QUENEHERVE, 1994). Les dégâts provoqués par les nématodes prédisposent les tubercules à l'invasion d'organismes pouvant provoquer leur entière dégradation (GOODEY *In* JATALA et BRIDGE, 1990), principalement lors du stockage.

Une bonne rotation des cultures peut permettre une forte diminution des populations de nématodes (CASTOGNONE-SERENO, 1989), ainsi les cultures de maïs, de tabac, de poivron et de coton ne sont pas hôtes pour *S. bradys* (ADESIYAN, 1976).

## Propositions de recherche

L'acide gibbérellique a permis de prolonger la période de dormance de 40 j en moyenne, les pertes de conservation ont pu être ainsi fortement réduites. Cet effet inhibiteur n'est connu que chez l'igname. Une meilleure compréhension des mécanismes responsables de la dormance est une étape essentielle à franchir afin d'améliorer la conservation de l'igname. Les parasites (insectes, champignons, bactéries et nématodes) sont responsables d'une part importante des pertes de conservation. L'étude détaillée de l'importance et du rôle de ces parasites dans la déprédation de l'igname au cours du stockage pourrait permettre de diminuer sérieusement les pertes. Des stratégies de lutte intégrée (lpm) pourraient être développées.

Traditionnellement, l'igname est principalement conservée par le paysan. Lors des différentes étapes de la commercialisation, les pertes peuvent être très importantes. Celles-ci sont en partie provoquées par des blessures lors du transport ou de la manutention, par une mauvaise aération des entrepôts ou encore par une trop longue exposition des tubercules au soleil lors de la vente au détail. Une étude des pertes lors de la commercialisation devrait permettre de proposer des améliorations à divers niveaux de la filière.

Une amélioration des systèmes traditionnels de conservation, de transformation et de commercialisation ne peut être possible que si elle est rentable. Une analyse socio-économique de la filière igname devrait permettre d'identifier les secteurs dans lesquels des améliorations sont envisageables.

## Références bibliographiques

ADESIYAN S.O., 1976. Host range studies of the yam nematode, *Scutellonema bradys*. *Nematropica* 9 : 131-136.

ADESIYAN S.O., 1977. Studies on the effect of gamma radiation (from Cobalt 60 source) on storage life of white yam (*Dioscorea rotundata* var. *efon*) infected with *Scutellonema bradys*. *Annals of Applied Biology* 86 : 213-218.

ADESIYAN S.O., 1977. Penetration and multiplication of *Scutellonema bradys* in yams (*Dioscorea* spp.). *Nematol medit* 5 : 313-317.

ADESUYI S.A., 1982. The application of advanced technology to the improvement of yam storage. *In* Yams, ignames, J. MIEGE and S.N.E. LYONGA Eds. Oxford, UK, Clarendon Press, p. 312-319.

AJAYI O.A., MADUEKE L.U., 1990. A study of weight loss of stored yam (*Dioscorea cayenensis*) as affected by the ventilation of the storage locations. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 50 : 257-260.

ASIEDU J.J., 1986. Yams. *In* Processing and physical/chemical properties of tropical products Ed. Centaurus-verlagsgesellschaft, Pfaffenweiler, p. 379-398.

ATU U.G., 1986. Evaluation of chemicals for the control of insect pests of stored seed yam tubers. *Beiträge zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin* 24 : 421-424.

BRIDGE J., 1973. Nematodes as pests of yams in Nigeria. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 38 : 841-852.

BRIDGE J., 1982. Nematodes of yams. *In* Yam, ignames, J. MIEGE and S.N.E. LYONGA Eds. Oxford, UK, Clarendon Press, p. 253-264.

CADET P., QUENEHERVE P., 1994. Fluctuations naturelles de *Scutellonema bradys* (Nematoda : Hoplolaimidae) au cours de la croissance et du stockage de l'igname (*Dioscorea alata*) à la Martinique. *Nematologica* 40 : 587-600.

CASTOGNONE-SERENO P., 1989. Les nématodes parasites de l'igname (*Dioscorea* spp.) : distribution, action pathogène et moyens de lutte. *L'agronomie Tropicale* 44 (1) : 35-42.

COURSEY D.G., 1967. Yam storage-I: A review of yam storage practices and of information on storage losses. *Journal of Stored Products Research* 2 : 229-244.

COURSEY D.G., 1968. Low temperature injury in yams. *Journal of Food Technology* 3 : 143-150.

COURSEY D.G., BOOTH R.H., 1977. Post-harvest problems of non-grain staples. *Acta Horticulturae* 53 : 23-33.

COURSEY D.G., NWANKWO F.I., 1968. Effects of insolation and of shade on the storage behaviour of yams in West Africa. *Ghana Journal of Science* 8 : 74-81.

DAVIES P.J., 1995. Plant Hormones Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. London, UK, Kluwer Academic Publishers, 833 p.



- DEFERNE J.L., 1984. Description des méthodes traditionnelles de conservation et analyse des problèmes après récolte de l'igname (*Dioscorea* spp.) en Côte d'Ivoire. Travail de diplôme, école polytechnique fédérale de Zürich (document interne).
- DEGRAS L., 1986. L'igname : plante à tubercule tropicale. Agence de coopération culturelle et technique. Paris, France, G.-P. Maisonneuve et Larose, 408 p.
- DEMEAUX M., VIVIER P., 1984. Méthodes modernes de conservation des ignames. *L'agronomie Tropicale* 39 : 186-191.
- DINA S.O., 1977. Occurrence of *Dasytes rugosella* Stainton (Lepidoptera : Tineidae) on stored yam tubers in Nigeria. *Tropical Science* 19 (2) : 113-116.
- DUMONT R., 1994. Influence du dégermage sur la conservation de l'igname. Idessa, Côte d'Ivoire (document interne).
- DUMONT R., JEANTEUR P., 1988. Bilan de cinq années de production, en grande culture, sur la variété *Florida* (*D. alata*), dans la région centre de la Côte d'Ivoire. In VIII<sup>th</sup> Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Gosier, Guadeloupe, 1-6 July 1985. Paris, France, Inra, p. 179-194.
- ETHERE E.O., BHAT R.B., 1986. Traditional and modern storage methods of underground root and stem crops in Nigeria. *Turrialba* 36 (1) : 33-37.
- EZEIKE G.O.I., 1985. Experimental analysis of yam (*Dioscorea* spp.) tuber stability in tropical storages. *Transactions of the ASAE American Society of Agricultural Engineers* 28 : 1641-1645.
- FAO, 1988. Root and tuber crops, plantains and bananas in developing countries. Challenges and opportunities. In *FAO Plant production and protection*. FAO, Rome, Italie, paper 87.
- FOUA-BI K., BABACAUH K.D., DEMAUX M., 1979. Pertes sur les ignames au cours du stockage causes et méthodes de lutte. In *La conservation des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide*. Actes du premier colloque international de technologie (Cit), Yaoundé 5-10 novembre 1979. Aupelf, Paris, France, p. 395-412.
- GIRARDIN O., 1996. Technologie après-récolte de l'igname : étude de l'amélioration du stockage traditionnel en Côte d'Ivoire. Ecole polytechnique fédérale de Zürich, Thèse n° 11 710, 122 p.
- GONZALEZ M.A., RIVERA A.C., 1972. Storage of fresh yam (*Dioscorea alata* L.) under controlled conditions. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56 : 46-56.
- GUENDA W., BERE A., SAOURA J., KONGO J.L., KABRE, T.S., 1983. Des méthodes traditionnelles de conservation de l'igname en zone soudanienne de Haute-Volta. Séminaire sur l'igname, 2-5 novembre 1983. Ensa, Abidjan, Côte d'Ivoire (document interne).
- HAHN S.K., OSIRU D.S.O., AKORODA M.O., OTOO J.A., 1987. Yam production and its future prospects. *Outlook on Agriculture* 16 (3) : 105-110.
- IGWILO N., 1988. Inhibition of sprouting by gibberellic acid in the preservation of seed and ware yam. *Beiträge zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin* 26 : 145-154.
- IKOTUN T., 1983. Postharvest microbial rot of yam tubers in Nigeria. *Fitopatologia Brasileira* 8 : 1-7.
- JATALA P., BRIDGE J., 1990. Nematode parasites of root and tuber crops. In *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, M. LUC, A. SIKORA and J. BRIDGE. CAB International, Wallingford, UK, p. 137-180.
- KNOTH J., 1993. Le stockage traditionnel de l'igname et du manioc et son amélioration. Hamburg, Allemagne, Gtz Postharvest Project, 95 p.
- KONE L., 1983. Méthodes traditionnelles de conservation de l'igname en Côte d'Ivoire. Séminaire sur l'igname, 2-5 novembre 1983. Ensa, Abidjan (document interne).
- LANCASTER P.A., COURSEY D.G., 1984. Traditional post-harvest technology of perishable tropical staples. Rome, Italie, FAO, 74 p.
- MIEGE J., 1957. Influence de quelques caractères des tubercules semences sur la levée et le rendement des ignames cultivées. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée* 4 (7-8) : 315-342.
- MINAGRA, 1992. Annuaire des statistiques agricoles. Ministère de l'agriculture et des ressources animales de Côte d'Ivoire. Minagra, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- MOZIE O., 1982. Effect of air flow on weight losses and sprouting of white yam tubers (*Dioscorea rotundata* Poir) stored in the conventional barn. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* : 32-37.
- NNODU E.C., ALOZIE S.O., 1992. Using gibberellic acid to control sprouting of yam tubers. *Tropical Agriculture* 69 : 329-332.
- NOON R.A., 1978. Storage and market diseases of yams. *Tropical Science* 20 : 177-188.
- NWANKITI A.O., 1988. Sprout removal in storage and seed yam production in Nigeria. *Tropical Agriculture* 65 : 367-369.
- NWANKITI A.O., ATU U.G., ALOZIE S.O., IGBOKWE M., OKPOKIRI A., NNODU E., 1988. Effect of modifying two traditional yam barn structures on storability of four cultivars of yam (*Dioscorea* spp.). *Tropical Agriculture* 65 : 125-128.
- OGUNDANA S.K., COXON D.T., DENNIS C., 1984. Natural antifungal compounds from the peel of yam tubers. In *Tropical root crops : Production and uses in Africa*, E.R. TERRY Ed. Ottawa, Canada, IDRC, p. 619-624.



- OGUNDANA S.K., NAQVI S.H.Z., EKUNDAYO J.A., 1970. Fungi associated with soft rot of yams (*Dioscorea* spp.) in Nigeria. *Trans Br mycol Soc* 54 : 445-451.
- ONWUEME I.C., 1973. The sprouting process in yam (*Dioscorea* spp.) tuber pieces. *Journal of Agricultural Science* 81 : 375-379.
- ONWUEME I.C., 1978. The tropical tuber crops. Yams, cassava, sweet potato, and cocoyams. John Wiley and Sons, New York, Etats-Unis, 234 p.
- PASSAM H.C., 1977. Sprouting and apical dominance of yam tubers. *Tropical Science* 19 (1) : 29-39.
- PASSAM H.C., 1982. Dormancy of yams in relation to storage. In *Yams. Ignames*, J. MIEGE and S.N.E. LYONGA Eds. Oxford, UK, Clarendon Press, p. 285-293.
- PASSAM H.C., NOON R.A., 1977. Deterioration of yams and cassava during storage. *Proceedings of the Association of Applied Biologists* 85 : 436-439.
- PASSAM H.C., READ S.J., RICKARD J.E., 1976. Wound repair in yam tubers: the dependence of storage procedures on the nature of the wound and its repair. *Tropical Science* 18 : 1-11.
- PASSAM H.C., READ S.J., RICKARD J.E., 1978. The respiration of yam tubers and its contribution to storage losses. *Tropical Agriculture* 55 : 207-214.
- PLUMBLY R.A., REES D.P., 1983. An infestation by *Araecerus fasciculatus* (Degeer) (Coleoptera: Anthribidae) and *Decadarchis minuscula* (Walsingham) (Lepidoptera: Tineidae) on stored fresh yam tubers in South-east Nigeria. *Journal of Stored Products Research* 19 : 93-95.
- RICCI P., TORREGROSSA J.P., ARNOLIN R., 1979. Storage problems in the Cush-Cush Yam. I. Post-harvest decay. *Tropical Agriculture* 56 (1) : 41-48.
- RIVERA J.R., GONZALEZ M.A., COLLAZO R., CUEVAS, R., 1974. An improved method for storing yam (*Dioscorea alata*). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 58 : 456-465.
- SAUPHANOR B., 1988. Sensibilité comparée de 18 variétés d'igname aux insectes des stocks. In VII Symposium of the international society for tropical root crops, Gosier, Guadeloupe. Paris, France, Inra, 18 p.
- SAUPHANOR B., BORDAT D., DELVARE G., RATNADASS A., 1987. Les insectes des ignames stockées de Côte d'Ivoire. *L'agronomie Tropicale* 42 : 305-312.
- SAUPHANOR B., RATNADASS A., 1985. Problèmes entomologiques liés à la conservation de l'igname en Côte d'Ivoire. *L'agronomie Tropicale* 40 : 261-270.
- SERPANTIE G., 1982. Note sur la conservation des ignames en zone centre : principaux problèmes rencontrés dans le cadre d'une enquête en milieu rural. Laboratoire d'agronomie du centre Orstom de Bouaké. Séminaire sur l'igname. Abidjan, Côte d'Ivoire, Ensa (document interne).
- SERPANTIE G., 1983. Le stockage des ignames dans les exploitations agricoles du centre de la Côte d'Ivoire : fonctions, techniques et diagnostic. Laboratoire d'agronomie du centre Orstom de Bouaké. Séminaire sur l'igname, Abidjan, 2-5 novembre 1983. Abidjan, Côte d'Ivoire, Ensa (document interne).
- THOMPSON A.K., BEEN B.O., PERKINS C., 1977. Fungicidal treatments of stored yams. *Tropical Agriculture* 54 (2) : 179-183.
- WICKHAM, L.D., 1988. Extension of dormancy in cush-cush yams (*Dioscorea trifida*) by treatment with gibberellic acid. *Tropical Science* 28 : 75-77.
- WICKHAM L.D., PASSAM H.C., WILSON L.A., 1984. Dormancy responses to post-harvest application of growth regulators in *Dioscorea* species. 2. Dormancy responses in ware tubers of *D. alata* and *D. esculenta*. *Journal of Agricultural Science* 102 : 433-436.
- WILSON J., 1980. Careful storage of yams. Commonwealth Secretariat, Marlborough House. Ibadan, Nigeria, 8 p.

# Valeur nutritionnelle des ignames

S. TRECHE

Laboratoire de nutrition tropicale, Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex, France

**Résumé** — La valeur nutritionnelle des tubercules d'ignames peut se définir à partir de leurs caractéristiques organoleptiques qui déterminent leur acceptabilité, leur innocuité, leur contenu en énergie métabolisable et leur composition en nutriments essentiels biodisponibles. Elle dépend de leur génotype et des facteurs de variation intervenant au cours de la production, du stockage et de la transformation. Selon l'espèce et la variété, les tubercules diffèrent par leur contenu énergétique et leurs teneurs en nutriments. Pour une même quantité de matières brutes consommées, la valeur énergétique des ignames est généralement plus faible que celle des autres plantes à racines, tubercules ou fruits féculents (Rtf), mais leur couverture des besoins en protéines, minéraux et vitamines est plus complète. La valeur nutritionnelle de *D. dumetorum* est meilleure que celle des autres espèces couramment consommées en raison des caractéristiques physico-chimiques particulières de l'amidon de cette espèce. Certaines farines d'ignames ont un contenu énergétique et en nutriments comparable à celui de certaines céréales. Des facteurs de variation intervenant lors de la production, du stockage ou de la transformation sont susceptibles de modifier considérablement la valeur nutritionnelle des ignames. La méconnaissance ou la non-prise en considération des effets des différents facteurs de variation peuvent être à l'origine de risques de toxicité, de risques d'altération ou de diminution de leur aptitude à subir certains traitements technologiques ou à couvrir les besoins nutritionnels. Il est nécessaire d'en tenir compte lors de la vulgarisation de nouveaux cultivars ou de l'introduction d'innovations dans les procédés technologiques utilisés.

**Abstract** — **Nutritional value of yams.** To characterise the nutritional value of yams, it is necessary to take into account their organoleptic characteristics, the possible presence of toxic substances, their energy and nutrient contents and factors that influence the bioavailability of their nutrients. It mainly depends on their genotype and on numerous factors of variation involved during production, storage and processing. According to their species and variety, tubers differ by their energy and nutrient contents. Because of their relatively low dry matter content, the ability of yams to satisfy energy requirements is less than this of most of the other root and tuber crops but their aptitude to meet the protein, mineral and vitamin requirements is higher. Owing to the particular characteristics of their starch, digestibility and metabolism of *D. dumetorum*

tubers are better than those of tubers belonging to other species. When processed into flour, the nutritional value of some yam species is comparable to that of some cereals. Some factors of variation during production, storage and processing are capable to notably modify nutritional value of yams. If not taken into account, effects of various factors of variation on nutritional value can result in toxicity hazards and in lowering the aptitude of tubers to be processed and to satisfy nutritional requirements. Consequently, they must be considered when new cultivars or processes are introduced.

La caractérisation de la valeur nutritionnelle (Vn) des ignames nécessite la prise en compte de plusieurs types de facteurs de variation : ceux liés à la grande diversité génétique existant au sein du genre *Dioscorea* et ceux résultant de la définition plus ou moins restrictive donnée à la notion de Vn d'un aliment.

La diversité rencontrée parmi les différentes espèces d'ignames, même si on se limite à la vingtaine d'entre elles considérées comme alimentaires (DEGRAS *et al.*, 1977), est telle qu'il est sans doute plus difficile de vouloir caractériser la Vn des ignames dans leur ensemble que de parler de la Vn des céréales (TRECHE, 1989a). Contrairement à ce qui est fait dans la plupart des tables de composition des aliments ne portant pas spécifiquement sur les aliments tropicaux (SOUCI *et al.*, 1994), il est donc indispensable, lorsqu'on s'intéresse à la Vn des ignames, de considérer séparément les différentes espèces couramment utilisées en alimentation humaine : *Dioscorea alata*, *D. bulbifera*, *D. cayenensis-D. rotundata*, *D. dumetorum*, *D. esculenta*, *D. opposita*, *D. schimperiana*, *D. trifida*.

Si on considère que la Vn d'un aliment englobe l'ensemble des caractéristiques déterminant l'aptitude de cet aliment à couvrir les besoins nutritionnels de l'organisme auquel il est destiné, cela signifie qu'elle dépend de son acceptabilité, de son innocuité, de son contenu en énergie métabolisable et de sa

composition en nutriments essentiels biodisponibles par, ou pour, cet organisme. En effet, un même aliment n'a pas la même Vn pour un ruminant que pour un monogastrique, pour un enfant que pour un adulte et pour un homme sain que pour un homme souffrant de certains troubles métaboliques. On se référera par la suite à un individu standard, défini comme un homme jeune en bonne santé. La Vn d'un aliment prêt à être consommé peut alors se définir à partir de ses caractéristiques organoleptiques qui détermineront son acceptabilité en fonction des préférences du consommateur, par son contenu en substances toxiques et en facteurs antinutritionnels, par son contenu énergétique et sa composition en nutriments et par l'utilisation digestive et métabolique de l'énergie et ses nutriments par un consommateur standard.

Par ailleurs, le mot aliment étant utilisé pour désigner aussi bien un produit élaboré prêt à être ingéré qu'un produit brut ou semi-transformé, il reste à définir, pour caractériser la Vn d'un aliment, à quel stade de son élaboration il est considéré. Pour un aliment d'origine végétale pris à un stade intermédiaire entre sa récolte et sa présentation au consommateur, on devrait en réalité parler de Vn potentielle puisque les phases ultérieures de son élaboration sont susceptibles de modifier considérablement sa Vn finale.

Pour tenir compte de l'ensemble de ces facteurs de variation, nous commencerons par examiner la valeur nutritionnelle au moment de la récolte des différentes espèces d'ignames alimentaires avant d'étudier l'effet de différents facteurs environnementaux et technologiques sur les différentes caractéristiques déterminant leur Vn et d'essayer de dégager les contraintes et les potentialités de l'utilisation des ignames en alimentation humaine.

## **Valeur nutritionnelle des tubercules à la récolte**

### **Caractéristiques organoleptiques**

Les caractéristiques des ignames susceptibles d'influer sur leur acceptabilité sont l'aspect général des tubercules, la couleur de la chair, le goût et la texture.

L'aspect des tubercules est important car il évoque au consommateur ses expériences antérieures de consommations : il préférera généralement les tubercules dont la forme lui est familière. Pour des raisons pratiques, il appréciera plus particulièrement ceux dont la forme permet un épluchage facile.

La couleur de la chair est un critère de préférence important : son déterminisme résulterait de la pré-

sence de pigments, essentiellement des caroténoïdes et des glucosides dont les plus fréquents sont les anthocyanes : dans les cultivars de *D. alata* chair pourpre, RASPER et COURSEY (1967) ont extrait trois anthocyanines dont l'aglycone est de la cyanidine ; RUBERTE (1975) a montré que le pigment principal des variétés à chair jaune de *D. alata* est du bêta-carotène associé à des quantités variables de xanthophylles. Les pigments contenus dans les cultivars à chair jaune de *D. cayenensis* et *D. bulbifera* sont aussi, en grande partie, des caroténoïdes : chez *D. cayenensis*, il s'agirait d'esters de xanthophylles accompagnés de bêta-carotène (MARTIN et RUBERTE, 1975b) ; chez *D. bulbifera*, on trouverait des xanthophylles (lutéïne), des quantités variables de glucosides (anthocyanes), de chlorophylle et d'autres composés phénoliques non identifiés.

Au cours de l'épluchage ou lorsque les tubercules sont blessés, un brunissement se produit chez un certain nombre de cultivars : il résulte de l'oxydation des composés phénoliques qui se transforment en quinones et en pigments noirs (DELAROSA et EMIOLA, 1980 ; OZO et CAYGILL, 1985) qui ont la propriété de limiter l'infection des surfaces blessées ou sectionnées (ADAMSON et ABIGOR, 1980). Cette oxydation nécessite la présence simultanée de composés polyphénoliques, d'une polyphénoloxydase et d'oxygène. Chez *D. alata*, le principal polyphénol associé au brunissement des tissus serait une catécholamine (MARTIN et RUBERTE, 1976a) ; d'autres auteurs ont montré que les composés phénoliques, exprimés en équivalent catéchine, étaient plus abondants chez *D. alata* et *D. bulbifera* que chez les autres espèces (OZO et al., 1984 ; OZO et CAYGILL, 1985 ; 1986). L'enzyme permettant l'oxydation serait le plus souvent une o-dihydroxyphénoloxydase dont l'activité est plus ou moins élevée en fonction du stade physiologique des tubercules et selon les cultivars. Le brunissement peut être inhibé par l'utilisation d'antioxydants comme l'acide ascorbique (OZO et CAYGILL, 1986) ou le métabisulfite de sodium (DELAROSA et EMIOLA, 1980).

Un certain nombre de composés chimiques sont responsables du goût amer de certains cultivars : la dihydrosioscorine chez *D. dumetorum* ; des terpénoïdes chez *D. bulbifera* (GRAMSHAW et OSINOWO, 1982 ; WEBSTER et al., 1984) ; la leucoanthocyanidine dans certains cultivars de *D. cayenensis* (MARTIN et RUBERTE, 1975a) ; des saponines dans certains cultivars d'autres espèces (ABE, 1973). Divers composés volatils, responsables de la flaveur des tubercules, ont pu être identifiés (GRAMSHAW et OSINOWO, 1982) : acides gras, hydrocarbures, alcools, aldéhydes, cétones...

La texture dépend essentiellement des technologies culinaires utilisées et du type de préparation : toutefois, c'est l'interaction des caractéristiques

physico-chimiques des amidons et des procédés utilisés qui déterminent les principaux paramètres de texture (dureté, cohésion des tissus, viscosité, élasticité, adhésivité, siccité dans la bouche...) comme le montrent les différences inter- et intraspécifiques d'aptitude à la confection du *foufou*.

Les programmes de sélection variétale prennent généralement en compte un certain nombre de propriétés qui influent directement sur l'acceptabilité. A Porto Rico, les critères retenus par les sélectionneurs pour les variétés de *D. alata* ont été la facilité d'épluchage, la tendance à irriter la peau, la couleur de l'eau de cuisson, la couleur et l'apparence des tubercules cuits, la texture dans la bouche, le caractère gluant, la sensation d'humidité en bouche, la flaveur, l'amertume, l'absence de décoloration (MARTIN, 1973 ; MARTIN et DELPIN, 1978). Au Nigeria, des variétés nouvelles de *D. cayenensis* - *D. rotundata* ont été sélectionnées en fonction de la tendance au brunissement des tissus ayant fait l'objet de coupures (OKOLI, 1982). En Côte d'Ivoire, la sélection clonale de *D. alata* s'est faite sur l'aptitude à subir certains modes de préparation (ragoût, *foufou*, bouillie) (RODRIGUEZ, 1983). Il importe que les caractères pris en compte soient rigoureusement choisis et correspondent à l'évolution des préférences et des exigences des consommateurs.

## Substances toxiques et facteurs antinutritionnels

Les problèmes que pose la présence de substances toxiques dans les tubercules de certaines espèces d'ignames ne doivent pas être négligés : plusieurs auteurs ont signalé des cas de décès par empoisonnement consécutifs à la consommation de tubercules de variétés sauvages de *D. dumetorum* au Soudan (CORKILL, 1948), au Gabon (WALKER, 1952) et en Centrafrique (HLADIK *et al.*, 1984). Selon BURKILL (1954 *In* WEBSTER *et al.*, 1984), sur les 59 espèces d'ignames répertoriées en Asie du Sud-Est, 8 seraient réellement toxiques.

Des travaux menés à Porto Rico ont mis en évidence que la consommation de farines crues ou cuites de certaines variétés largement répandues de *D. alata* et de *D. rotundata* se traduisait, d'une part, par des retards de croissance et parfois la mort chez le rat et, d'autre part, par une réduction de la ponte chez la poule (WOMACK *et al.*, 1976 ; MARTIN, 1979 ; 1980). Chez le rat en croissance, le poids et la teneur en lipides des foies des animaux consommant de la farine crue de *D. dumetorum* sont environ deux fois plus élevés que chez les animaux consommant de la farine crue de *D. rotundata* (TRECHE, 1989a).

Il semble que les substances les plus toxiques soient des alcaloïdes solubles dans l'eau (COURSEY, 1972).

La dioscorine, neurotoxique puissant, peut entraîner la paralysie totale et la mort (OKE, 1972 ; ABE, 1973) tandis que la dihydrosdioscorine au goût amer (FAO, 1991) pourrait avoir un effet convulsivant (BEVAN et HIRST, 1958) et provoquer des troubles graves consistant en des phases successives de délire, vertige, salivation, larme, sensation de chaleur, gonflement des yeux, surdité... (CORKILL, 1948). Selon WAITT (1963), des alcaloïdes sont présents dans les variétés sauvages de plusieurs espèces (*D. hispida*, *D. dumetorum*, *D. elephantipes*, *D. alata*, *D. bulbifera*). La présence d'alcaloïdes dans les tubercules de *D. bulbifera* est affirm  e par certains auteurs (RAO et BERI, 1953 ; MARTIN, 1979) mais d  ni  e par d'autres (WEBSTER *et al.*, 1984).

Les sapogénines ont une structure st  ro  dale et sont présentes sous la forme d'aglycone dans des glucosides désignés sous le terme de saponines. Leur effet est moins toxique que ceux des alcaloïdes (COURSEY, 1972) car leur pouvoir hémolytique ne persisterait pas après l'absorption (ABE, 1973 ; SAMARAJEEWA *et al.*, 1988). Dans certaines sociétés, elles seraient, néanmoins, utilis  es pour leur effet abortif (MARTIN, 1979). Des sapogénines ont été d  cel  es dans 69 espèces d'ignames parmi lesquelles la plupart des espèces comestibles (MARTIN, 1980).

Les teneurs en composés cyan  s dans les principales espèces cultivées ne semblent pas dépasser 2 mg/100 g de matière sèche et sont donc bien inférieures à celles mesur  es dans d'autres plantes amylac  es (manioc, plantain) et aux doses consid  r  es comme létales (50 à 60 mg pour un adulte) (UDOESSIEN et IFON, 1992).

Des raphides d'oxalate de calcium et des quantités notables d'acide oxalique sont présentes dans la plupart des ignames (WAITT, 1963 ; MARTIN, 1979 ; SEALY, 1982 ; UDOESSIEN et IFON, 1992), mais seraient environ trois fois moins abondants que dans les racines de manioc et que dans les cormelles de taros (OKE, 1965). OKOLI et GREEN (1987) ont montré que, dans la plupart des espèces d'ignames, les raphides étaient principalement localis  es    proximité du hile des grains d'amidon contenus dans le parenchyme cortical.

Outre les oxalates, d'autres substances (phytates, tanins, facteurs anti-trypsiques) consid  r  es comme facteurs antinutritionnels sont présentes dans les ignames. La proportion de phosphore sous forme d'acide phytique serait de 60 % pour OKE (1965 ; 1972) et de 36 % (dans les tubercules de *D. dumetorum*) pour BELL et LONNERDAL (1988). MIEGE (1982) a décelé des activités antiprot  asiques dans 2 cultivars de *D. cayenensis*-*D. rotundata* sur les 10 qu'il a examinés. SHARMA et PATTABIRAMAN (1982) ont extrait des tubercules de *D. alata* une glycoprotéine de haut poids moléculaire ayant un pouvoir inhibiteur sur l'alpha-amylase salivaire et

pancréatique humaine. Des tanins se trouveraient en quantité notable dans certains cultivars (WAITT, 1963 ; MARTIN, 1979), en particulier dans les variétés à chair rouge de *D. alata* (ABE, 1973). Toutefois, ces facteurs antinutritionnels semblent être moins abondants que dans d'autres amylacées tropicales (TRECHE, 1989a ; UDOESSIEN et IFON, 1992 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994).

En pratique, il n'y a que deux espèces couramment consommées qui posent réellement des problèmes de toxicité : en Asie, de nombreux cultivars de *D. hispida* contiennent de la dioscorine (RAO et BERI, 1952 ; SULIT, 1967) ; en Afrique, les formes sauvages de *D. dumetorum* renferment souvent de la dihydrodioscorine (CHEVALIER, 1936 ; CORKILL, 1948 ; HLADIK *et al.*, 1984).

## Composition en nutriments

Il existe moins d'une centaine de publications donnant des résultats de déterminations de la composition chimique des ignames. Celles publiées avant 1988 ont fait l'objet d'une revue exhaustive (TRECHE, 1989a), que nous résumerons ici en la complétant par des données plus récentes, pour les principales espèces alimentaires. Les moyennes des teneurs publiées par les différents auteurs seront comparées, d'une part, aux valeurs moyennes données dans la table de composition des aliments à l'usage de

l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970) et la table de SOUCI *et al.* (1994) et, d'autre part, aux valeurs obtenues par AGBOR EGBE et TRECHE (1995) en analysant 98 cultivars de 6 espèces différentes cultivées au Cameroun. Exceptées pour la teneur en matière sèche (exprimée en g pour 100 g de matière brute), la composition en acides aminés (en g pour 100 g de protéines brutes) et la composition en acides gras (en % des acides gras totaux), toutes les teneurs seront exprimées sur la base du poids sec afin d'éliminer la part de leur variabilité liée à la variabilité de la teneur en eau.

Les moyennes des teneurs en matière sèche trouvées dans la littérature (tableau I) pour les différentes espèces sont peu différentes : (de 26,3 à 27,9 g/100 g mb) et sensiblement inférieures à celles fournies dans les principales tables de composition (31 g/100 g ms). En revanche, les écarts observés entre valeurs données pour une même espèce peuvent varier dans un rapport 1 à 2,5. Les différences entre moyennes par espèces pour les ignames cultivées et analysées dans des conditions identiques au Cameroun sont beaucoup plus importantes : les teneurs moyennes en matière sèche de *D. alata* et *D. dumetorum* sont de plus de 25 % inférieures à celles des cultivars du complexe *D. cayenensis-D. rotundata*.

Les différences interspécifiques de teneurs en protéines brutes sont importantes (tableau I) : de 5,7 g/100 gms pour *D. cayenensis-D. rotundata* à 9,9 g/100 gms

**Tableau I.** Composition globale et contenu énergétique des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce		Matière sèche	Protéines brutes	Lipides	Energie métabolisable
		Nb g/100 gMB	Nb g/100 gms	Nb g/100 gms	Nb Kcal/100 gms
<i>D. alata</i>	(1)	19 27,9 ± 1,1 (21,4 - 36,3)	25 7,41 ± 0,39 (4,9 - 13,3)	26 0,49 ± 0,06 (0,09 - 1,30)	11 374 ± 5 (351 - 387)
	(2)	23 24,4 ± 1,2 (14,1 - 35,1)	23 8,3 ± 0,7 (4,7 - 15,6)	23 0,24 ± 0,02 (0,1 - 0,4)	23 381,3 ± 1,3
<i>D. bulbifera</i>	(1)	12 27,6 ± 2,1 (14,6 - 33,1)	14 6,21 ± 0,56 (2,9 - 10,6)	14 0,64 ± 0,23 (0,11 - 3,33)	7 381 ± 8 (337 - 400)
	(2)	11 28,8 ± (0,9 (24,8 - 35,1)	11 6,3 ± 0,3 (4,6 - 8,5)	11 0,24 ± 0,02(0,1 - 0,4)	11 382,7 (1,1
<i>D. cayenensis</i>	(1)	19 27,3 ± 1,7 (16,6 - 38,4)	21 5,75 ± 0,39 (3,2 - 10,7)	22 0,36 (0,04 (0,15 - 0,84)	7 383 ± 3 (370 - 388)
<i>D. rotundata</i>	(2)	27 33,0 ± 0,8 (25,2 - 39,5)	27 6,4 ± 0,3 (3,7 - 8,9)	27 0,19 (0,03 (0,1 - 0,5)	27 386,4 ± 0,8
<i>D. dumetorum</i>	(1)	8 26,3 ± 2,1 (16,4 - 32,7)	10 9,93 ± 0,61 (7,7 - 12,8)	10 0,65 ± 0,12 (0,31 - 1,21)	5 382 ± 3 (379 - 391)
	(2)	23 23,2 ± 0,6 (19,0 - 28,3)	23 9,6 ± 0,3 (7,4 - 13,2)	23 0,33 ± 0,03 (0,1 - 0,6)	23 381,0 ± 0,7
<i>D. esculenta</i>	(1)	12 26,8 ± 1,2 (18,8 - 32,7)	14 6,78 ± 0,71 (3,8 - 11,9)	14 1,10 ± 0,71 (0,05 - 10,3)	7 388 ± 7 (375 - 429)
	(2)	6 29,6 ± 1,2 (24,5 - 30,8)	6 5,2 ± 0,4 (4,1 - 6,5)	6 0,25 ± 0,06 (0,1 - 0,5)	6 388,3 ± 1,3
<i>Dioscorea spp.</i>	(3)	14 31,0 ± 21,4 - 43,7)	13 6,12	12 0,64	np 384
	(4)	np 31,1 ± 23,6 - 32,7)	np 7,07	np 0,42	np 318

Nb : nombre de références prises en compte pour (1) et nombre de cultivars analysés pour (2) et (3). np : non précisé.

(1). Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des valeurs publiées par : EBERHARDT et BLOCH, 1909 ; CLEMENTE, 1918 ; WINTON et WINTON, 1935. In : OKE, 1972 ; WILDEMAN, 1938. In MARTIN, 1976 ; CORKILL, 1948 ; BERGERET et MASSEYEFF, 1958 ; OYENUGA, 1959 In RASPER et MACGREGOR, 1969 ; PETERS, 1959 ; BUSSON, 1965 ; OYENUGA, 1965. In COURSEY 1965 ; MONGODIN et RIVIERE, 1965 ; TOURY *et al.*, 1967 ; JARMAI et MONTFORD, 1968 ; WU LEUNG *et al.*, 1970 ; AFABLE, 1971 ; OKE, 1972 ; ENDEF, 1977 ; BOURRET *et al.*, 1973 ; FAO, 1976 ; STEELE et SAMMY, 1976b ; CIACCO et d'APPOLONIA, 1978 ; OMOLE *et al.*, 1978 ; FNRI/NSDB, 1980 ; BELL, 1981 ; OSAGIE *et al.*, 1982 ; HLADIK *et al.*, 1984 ; BRADBURY *et al.*, 1985 ; OLOGHOBO, 1985 ; BRADBURY et HOLLOWAY, 1988 ; TRECHE, 1989a ; MUZAC-TUCKER *et al.*, 1993 ; RAJYALAKSHMI et GEERVANI, 1994 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; SOUCI *et al.*, 1994 ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1995.

(2). Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des cultivars du Cameroun (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995).

(3). Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970).

(4). Table de composition de SOUCI *et al.*, 1994.

pour *D. dumetorum* si on considère les moyennes des différentes valeurs publiées ; de 5,2 g/100 gms pour *D. esculenta* à 9,6 g/100 gms pour *D. dumetorum* si on considère les valeurs obtenues au Cameroun. Pour une même espèce, les valeurs peuvent varier dans un rapport 1 à 3,5 (*D. bulbifera*).

Les pourcentages de recouvrement de l'azote total sous la forme d'acides aminés, estimés à 83 % par CIACCO et D'APPOLONIA (1978a), varient de 80 % (*D. esculenta*) à 89 % (*D. alata*) pour BUSSON (1965) et se situent entre 79 % (*D. cayenensis*) et 89 % (*D. dumetorum*). Pour SZYLIT *et al.* (1977) ils s'élèvent à 74 % (*D. esculenta*), 78 % (*D. alata*), et à 91 % (*D. bulbifera*) pour MARTIN et SPLITTSTOESSER (1975).

Les teneurs en acides aminés essentiels exprimées en gramme d'acides aminés pour 100 g de protéines brutes (tableau II) présentent une variabilité plus faible que la plupart des autres composants. On peut cependant remarquer quelques caractéristiques spécifiques comme les fortes teneurs en acides aminés soufrés et aromatiques de *D. dumetorum* ou les faibles proportions de lysine chez *D. bulbifera* et *D. esculenta*. SPLITTSTOESSER *et al.* (1973b), en réalisant une analyse en composantes principales sur les teneurs en acides aminés de 46 cultivars appartenant à 5 espèces différentes, ont mis en évidence l'influence

de la nature de l'espèce sur la composition en acides aminés des protéines. Ils estiment que les gènes influant sur les teneurs des protéines en chacun des acides aminés peuvent être transmis de manière indépendante, ce qui laisse espérer une possibilité d'amélioration de l'indice chimique par sélection (SPLITTSTOESSER, 1977).

Les écarts entre teneurs moyennes en lipides sont considérables (de 0,35 à 1,30 g/100 gms), mais il est probable que les raisons de cette variabilité sont essentiellement d'ordre méthodologique.

Selon les espèces, les lipides seraient constitués de 8 à 32 % de phospholipides, de 20 à 40 % de glycolipides et de 43 à 61 % de lipides non-polaires, en particulier des triglycérides (OSAGIE et OPUTE, 1981a ; 1981b).

Les résultats de diverses déterminations de composition en acides gras sont rapportés dans le tableau III. On constate des écarts importants, probablement dus à des divergences dans l'interprétation des chromatogrammes, entre les proportions d'acides insaturés en C18 mesurées par différents auteurs.

La variabilité du contenu énergétique de la matière sèche, calculé en utilisant les coefficients spécifiques donnés par WATT et MERILL (1963), est relativement faible étant donné que les composants, dont les variations seraient le plus à même de modifier sa valeur,

**Tableau II.** Composition en acides aminés des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Ile	Ieu	Lys	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Try	Val	His
<i>D. alata</i>	3,8 ± 0,2 (10)	6,5 ± 0,3 (10)	4,5 ± 0,3 (10)	2,2 ± 0,2 (9)	7,8 ± 0,4 (10)	3,7 ± 0,3 (10)	1,1 <sup>(2)</sup>	4,4 ± 0,2 (10)	2,5 ± 0,4 (8)
<i>D. bulbifera</i>	4,4 ± 0,4 (4)	7,2 ± 0,7 (4)	3,8 ± 0,3 (4)	2,8 ± 0,8 (3)	7,3 ± 0,5 (4)	5,5 ± 1,4 (4)	-	5,2 ± 0,1 (4)	2,0 ± 0,2 (4)
<i>D. cayenensis-rotundata</i>	3,4 ± 0,2 (10)	6,3 ± 0,3 (10)	4,6 ± 0,2 (10)	2,5 ± 0,2 (8)	8,1 ± 0,3 (10)	3,5 ± 0,2 (10)	1,2 ± 0,2 (4)	4,1 ± 0,2 (10)	2,0 ± 0,1 (7)
<i>D. dumetorum</i>	3,8 ± 0,2 (4)	7,2 ± 0,2 (4)	4,7 ± 0,3 (4)	3,2 <sup>(2)</sup>	9,3 ± 0,8 (4)	4,4 ± 0,1 (4)	1,3 (1)	5,0 ± 0,3 (4)	2,3 ± 0,3 (4)
<i>D. esculenta</i>	3,3 ± 0,3 (5)	6,6 ± 0,4 (5)	3,6 ± 0,3 (5)	2,3 ± 0,3 (4)	7,7 ± 0,6 (5)	4,0 ± 0,4 (5)	1,0 (1)	4,2 ± 0,2 (5)	2,5 ± 0,3 (4)
<i>Dioscorea</i> spp. <sup>(a)</sup>	3,7	6,5	4,1	2,7	8,0	3,6	1,3	4,6	1,9

Moyenne écart-type de la moyenne en g pour 16 g d'azote (nombre de références prises en compte).

(a). D'après FAO, 1970.

Sources : PETERS, 1959 ; BUSSON, 1965 ; FAO, 1970 ; BOURRET *et al.*, 1973 ; SPLITTSTOESSER *et al.*, 1973a ; FRANCIS *et al.*, 1975 ; MARTIN 1974 ; FAO, 1976 ; MARTIN, 1976 ; MARTIN et SADIK, 1977 ; SZYLIT *et al.*, 1977 ; CIACCO et d'APPOLONIA, 1978 ; FNRI/NSDB, 1980 ; BOULTER et HARVEY, 1985 ; KOUASSI *et al.*, 1988 ; TRECHE, 1989a.

**Tableau III.** Composition en acides gras (%) des lipides contenus dans les tubercules des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Nb	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0
<i>D. alata</i>	5 Vex Vpp	0 - 7 tr	28 - 54 34	3 - 11 3	5 - 59 8	tr - 54 38	tr - 14 6	0 - 3 tr
<i>D. bulbifera</i>	2 Vex	tr - 1	28 - 33	tr - 1	11 - 25	34 - 42	8 - 10	tr
<i>D. cayenensis-rotundata</i>	5 Vex Vpp	0 - 2 tr	31 - 44 32	2 - 42 3	3 - 58 12	1 - 54 45	1 - 14 7	0 - 2 1
<i>D. dumetorum</i>	1	2	35	6	12	33	tr	tr
<i>D. esculenta</i>	2 Vex	0 - 1	30 - 33	3 - 28	8 - 26	0 - 47	tr	tr
<i>Dioscorea</i> spp. <sup>(a)</sup>		0,8	31,5	-	44,9	0,9	-	1,7

Nb : nombre de références prises en compte ; Vex : valeurs extrêmes. Vpp : valeur la plus probable ; tr : traces.

(a). Table de composition de SOUCI *et al.*, 1994.

Sources : OPUTE et OSAGIE, 1978 ; CIACCO et d'APPOLONIA, 1978 ; FABOYA, 1981 ; OSAGIE et OPUTE, 1981a ; 1981b ; 1982 ; OSAGIE *et al.*, 1982 ; KOUASSI *et al.*, 1988 ; MUZAC-TUCKER *et al.*, 1993.



sont peu abondants (tableau I). Le contenu énergétique varie de 337 à 429 kcal pour 100 g de ms si l'on considère l'ensemble des valeurs publiées et de 374 à 388 kcal pour 100 gms si on considère les moyennes par espèce. Compte tenu de cette faible variabilité, il est possible d'estimer le contenu énergétique d'un tubercule brut en utilisant des équations de régression prenant uniquement en compte sa teneur en matière sèche (BRADBURY *et al.*, 1985).

Les glucides digestibles des tubercules d'ignames sont constitués essentiellement d'amidon et d'oses simples ou de diholosides (tableau IV).

Les teneurs en amidon relevées dans la littérature peuvent varier entre 57 et 88 g/100 gms pour une même espèce (*D. bulbifera*), mais les moyennes des valeurs publiées pour les différentes espèces sont comprises entre 71,7 et 76,5 g/100 gms pour l'ensemble des données publiées et, entre 70 g/100 gms (*D. dumetorum* et *D. esculenta*) et 80 g/100 gms (complexe *D. cayenensis-D. rotundata*) en ce qui concerne les cultivars camerounais.

Les moyennes des teneurs en glucides solubles varient entre 1,9 et 4,8 g/100 gms (entre 3,1 et 7,5 g/100 gms pour les glucides, extraits à l'alcool à 80 °GL des cultivars camerounais). Certains cultivars camerounais de *D. alata*, *D. dumetorum* et *D. esculenta* ont néanmoins des teneurs dépassant 10 g/100 gms. Ces glucides solubles sont principalement composés de saccharose (TRECHE, 1989a).

Les teneurs en cellulose et lignine sont 2 à 3 fois plus élevées dans les tubercules de *D. dumetorum* que dans ceux de *D. esculenta* et du complexe *D. cayenensis-D. rotundata*.

Concernant la composition minérale, les résultats publiés mettent en évidence une extrême variabilité

(tableau V). Les valeurs relevées pour une même espèce (*D. cayenensis-D. rotundata*) peuvent varier dans un rapport de 1 à 80 pour le calcium et de 1 à 10 pour le phosphore. Une part importante de cette variabilité est certainement liée aux modalités de dosage suivies par les différents auteurs. Si l'on se réfère aux valeurs obtenues en conditions standardisées sur les cultivars du Cameroun, on observe que les cultivars de l'espèce *D. dumetorum* ont des teneurs en calcium, en phosphore et en fer plus élevées que ceux des autres espèces (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995).

Les données bibliographiques relatives à la composition vitaminique des ignames sont beaucoup plus rares. D'après celles reprises dans le tableau VI, les teneurs peuvent varier pour une même espèce dans un rapport de 1 à 21 pour la vitamine A et de 1 à 19 pour l'acide ascorbique. On remarque, par ailleurs, qu'il existe des écarts importants entre les valeurs fournies par les principales tables de composition et les moyennes que l'on peut calculer à partir des données publiées par différents auteurs.

Pour la plupart des nutriments examinés, la variabilité des résultats est donc considérable : les facteurs de cette variabilité sont non seulement d'ordre génétique (espèces, variétés) mais également d'ordre méthodologique (échantillonnage, techniques analytiques) et probablement d'ordre agro-écologique (années et lieux de culture, pratiques culturales). Toutefois, si l'on compare les compositions obtenues dans des conditions standardisées au Cameroun pour les principales espèces alimentaires (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995), on peut les répartir en trois groupes sur la base de leurs teneurs moyennes en matière sèche : les espèces à faible teneur en matière sèche (23 à 25 g/100 gms : *D. alata*, *D. dumetorum*) ;

**Tableau IV.** Composition en glucides des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Amidon		Glucides solubles		Saccharose		Cellulose + lignine	
	Nb	g/100 g ms	Nb	g/100 g ms	Nb	g/100 g ms	Nb	g/100 g ms
<i>D. alata</i>	(1)	10 76,3 ± 1,7 (68,1 - 83,4)	6	3,3 ± 0,7 (1,2 - 5,2)	4	2,7 ± 0,4 (2,0 - 3,6)	9	4,5 ± 0,9 (2,5 - 10,7)
	(2)	23 73,4 ± 1,3 (60,2 - 82,1)	23	4,4 ± 0,7 (0,8 - 18,1)	23	2,8 ± 0,6 (0,1 - 14,7)	23	3,4 ± 0,2 (2,1 - 4,9)
<i>D. bulbifera</i>	(1)	7 73,2 ± 4,6 (57,6 - 88,3)	6	1,9 ± 0,5 (0,9 - 3,9)	2	1,9 (1,1 - 2,8)	6	6,7 ± 2,4 (1,9 - 17,1)
	(2)	11 72,9 ± 0,8 (69,8 - 78,6)	11	3,9 ± 0,5 (2,5 - 7,2)	11	2,8 ± 0,4 (1,4 - 5,5)	11	3,5 ± 0,2 (3,0 - 5,0)
<i>D. cayenensis-</i>	(1)	10 75,3 ± 3,2 (60,8 - 88,0)	5	1,9 ± 0,6 (0,7 - 3,5)	5	1,4 ± 0,6 (0,3 - 3,3)	9	2,7 ± 0,4 (1,2 - 4,9)
<i>D. rotundata</i>	(2)	27 80,1 ± 0,6 (75,3 - 85,3)	27	3,5 ± 0,2 (2,0 - 5,5)	27	2,0 ± 0,2 (0,7 - 4,3)	27	2,5 ± 0,1 (1,2 - 2,7)
<i>D. dumetorum</i>	(1)	6 71,7 ± 2,5 (67,7 - 83,8)	10	3,8 ± 0,7 (2,9 - 5,1)	2	2,6 (1,8 - 3,4)	5	7,1 ± 1,6 (3,9 - 12,9)
	(2)	23 70,5 ± 0,8 (61,7 - 75,5)	23	5,1 ± 0,5 (0,6 - 12,3)	23	3,4 ± 0,5 (0,1 - 9,6)	23	5,5 ± 0,3 (3,4 - 7,6)
<i>D. esculenta</i>	(1)	5 76,5 ± 2,8 (70,4 - 86,9)	2	4,8 (2,1 - 7,5)	2	5,3 (3,3 - 7,3)	5	3,5 ± 1,1 (1,9 - 7,8)
	(2)	6 70,4 ± 1,2 (66,3 - 73,4)	6	7,5 ± 1,4 (3,2 - 11,6)	6	3,3 ± 0,5 (1,2 - 4,3)	6	2,7 ± 0,1 (2,3 - 3,1)

Nb : nombre de références prises en compte pour (1) et nombre de cultivars analysés pour (2).

(1). Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des valeurs publiées par : EBERHARDT et BLOCH, 1909 ; CLEMENTE, 1918 ; WINTON et WINTON, 1935 *In* OKE, 1972 ; WILDEMAN, 1938 *In* MARTIN, 1976 ; OYENUGA, 1965 *In* COURSEY 1965 ; KETIKU et OYENUGA, 1970 ; 1973a ; OISISIOGU et UZO, 1973 ; ADESIYAN *et al.*, 1975a ; SZYLIT *et al.*, 1977 ; BEWA, 1978 ; CIACCO et d'APPOLONIA, 1978a ; HLADIK *et al.*, 1984 ; BRADBURY *et al.*, 1985 ; BRADBURY et HOLLOWAY, 1988 ; KOUASSI *et al.*, 1988 ; TRECHE, 1989a ; RAJYALAKSHMI et GEERVANI, 1994 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1995.

(2). Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des cultivars du Cameroun (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995).



**Tableau V.** Composition minérale des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Calcium		Phosphore		Fer		Zinc	
	Nb	mg/100 gms	Nb	mg/100 gms	Nb	mg/100 gms	Nb	mg/100 gms
<i>D. alata</i>	<sup>(1)</sup> 20	56 ± 10 (10 - 161)	18	139 ± 9 (20 - 180)	15	7,1 ± 3,2 (0,6 - 50,7)	9	1,9 ± 0,3 (1,0 - 3,9)
	<sup>(2)</sup> 23	24 ± 2 (14 - 49)	23	116 ± 5 (68 - 163)	23	4,3 ± 0,8 (0,9 - 17,6)	23	1,5 ± 0,1 (0,8 - 2,5)
<i>D. bulbifera</i>	<sup>(1)</sup> 12	122 ± 28 (23 - 290)	11	209 ± 32 (100 - 440)	8	5,7 ± 1,3 (0,3 - 11,7)	4	1,9 ± 0,2 (1,7 - 2,2)
	<sup>(2)</sup> 11	23 ± 1 (20 - 49)	11	127 ± 6 (100 - 154)	11	4,4 ± 0,5 (2,0 - 7,5)	11	1,8 ± 0,1 (1,4 - 2,1)
<i>D. cayenensis</i>	<sup>(1)</sup> 19	76 ± 24 (5 - 415)	19	116 ± 11 (20 - 200)	12	5,2 ± 2,1 (0,5 - 27,1)	9	1,2 ± 0,1 (0,9 - 1,5)
<i>rotundata</i>	<sup>(2)</sup> 27	16 ± 1 (8 - 36)	27	93 ± 4 (65 - 125)	27	3,8 ± 0,4 (0,7 - 10,3)	27	1,3 ± 0,1 (0,7 - 2,2)
<i>D. dumetorum</i>	<sup>(1)</sup> 11	107 ± 26 (16 - 270)	10	146 ± 23 (20 - 221)	6	5,4 ± 0,9 (2,9 - 8,5)	5	1,6 ± 0,2 (1,2 - 1,9)
	<sup>(2)</sup> 23	42 ± 3 (23 - 73)	23	161 ± 5 (118 - 201)	23	6,7 ± 0,9 (2,2 - 18,7)	23	1,0 ± 0,1 (0,9 - 3,0)
<i>D. esculenta</i>	<sup>(1)</sup> 14	91 ± 28 (18 - 357)	12	142 ± 15 (22 - 193)	10	3,7 ± 0,5 (1,6 - 6,1)	7	1,8 ± 0,3 (0,9 - 2,8)
	<sup>(2)</sup> 6	25 ± 2 (19 - 32)	6	89 ± 9 (63 - 114)	6	3,0 ± 0,3 (1,7 - 3,8)	6	2,1 ± 0,2 (1,6 - 2,7)
<i>Dioscorea</i> spp.	<sup>(3)</sup> 11	167	9	197	7	2,6	np	np
	<sup>(4)</sup> np	80,4	np	142	np	2,9	np	0,4

Nb : nombre de références prises en compte pour (1) et nombre de cultivars analysés pour (2) et (3). np : non précisé.

(1) Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des valeurs publiées par : CORKILL, 1948 ; BERGERET et MASSEYEFF, 1958 ; BUSSON, 1965 ; MONGODIN et RIVIERE, 1965 ; TOURY *et al.*, 1967 ; WU LEUNG *et al.*, 1970 ; ENDEF, 1972 ; BOURRET *et al.*, 1973 ; FAO, 1976 ; BAQUAR et OKE, 1977 ; BEWA, 1978 ; OBIGBESAN et AGBOOLA, 1978 ; FNRI/NSDB, 1980 ; VANDER ZAAG *et al.*, 1980 ; BELL, 1981 ; 1985 ; HLADIK *et al.*, 1984 ; BRADBURY *et al.*, 1985 ; OLOGHOBO, 1985 ; BRADBURY et HOLLOWAY, 1988 ; SAMARAJEEWA *et al.*, 1988 ; TRECHE, 1989a ; MUZAC-TUCKER *et al.*, 1993 ; RAJYALAKSHMI et GEERVANI, 1994 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; SOUCI *et al.*, 1994 ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1995.

(2) Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des cultivars du Cameroun (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995).

(3) Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970).

(4) Table de composition de SOUCI *et al.*, 1994.

**Tableau VI.** Composition vitaminique des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Vitamine A		Ac. ascorbique		Thiamine		Riboflavine	
	Nb	ger/100 gms	Nb	mg/100 gms	Nb	g/100 gms	Nb	g/100 gms
<i>D. alata</i>	<sup>(1)</sup> 8	24 ± 13 (4 - 84)	11	34 ± 12 (7 - 131)	8	248 ± 40 (138 - 424)	7	116 ± 16 (80 - 178)
<i>D. esculenta</i>	<sup>(1)</sup> 3	72 ± 2 (70 - 76)	3	55 ± 1 (54 - 57)	5	258 ± 37 (172 - 379)	5	93 ± 18 (38 - 145)
<i>Dioscorea</i> spp.	<sup>(2)</sup> 1	5,4	5	19	5	354	5	65
	<sup>(3)</sup> np	5,4	np	32	np	289	np	96

Nb : nombre de références prises en compte pour (1) et nombre de cultivars analysés pour (2). np : non précisé.

(1) Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des valeurs publiées par : PETERS, 1959 ; TOURY *et al.*, 1967 ; WU LEUNG *et al.*, 1970 ; ENDEF, 1972 ; FAO, 1976 ; STEELE et SAMMY, 1976b ; FNRI/NSDB, 1980 ; BRADBURY *et al.*, 1985 ; BRADBURY et SINGH, 1986 ; BRADBURY et HOLLOWAY, 1988 ; TRECHE, 1989a ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; SOUCI *et al.*, 1994.

(2) Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970).

(3) Table de composition de SOUCI *et al.*, 1994.

celles à teneur intermédiaire (28 à 30 g/100 gms : *D. esculenta*, *D. bulbifera*) ; celles à forte teneur en matière sèche (33 g/100 gms : *D. cayenensis*-*D. rotundata*). Par ailleurs, en comparant les compositions des principales espèces exprimées sur la base de la matière sèche par des méthodes d'analyses statistiques multivariées (TRECHE *et al.*, 1989a ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1995), on met en évidence l'existence de différences notables entre espèces et la possibilité de reconnaître, avec un très faible risque d'erreur, l'espèce d'appartenance d'un cultivar donné uniquement à partir de sa composition chimique (figure 1).

Compte tenu de ses teneurs élevées en protéines brutes et en minéraux et de sa composition en acides aminés indispensables, l'espèce *D. dumetorum* apparaît comme l'espèce ayant la valeur nutritionnelle potentielle la plus élevée.

## Utilisation digestive et métabolique

En fonction de l'espèce d'igname incorporée dans des régimes à base de tubercules crus, il a été observé des différences importantes d'efficacité

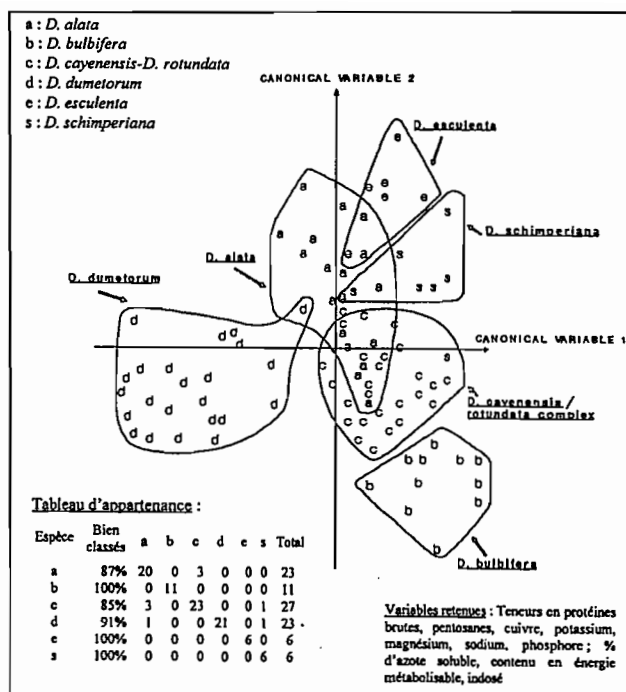


Figure 1. Analyse factorielle discriminante pas-à-pas sur 22 teneurs en nutriments déterminées dans 96 cultivars appartenant à 6 espèces différentes d'ignames cultivées au Cameroun (représentation dans le plan défini par les deux premiers axes canoniques).

nutritionnelle. BEWA *et al.* (1979) ont observé chez le poulet une meilleure croissance et une meilleure utilisation digestive et métabolique de l'énergie et de l'azote avec un régime à base de *D. cayenensis* qu'avec un régime à base de *D. alata* alors que cette dernière espèce serait mieux utilisée que *D. esculenta* (CIAT In GOMEZ et BUITRAGO, 1982). Mais les différences les plus importantes ont été mises en évidence en comparant des régimes à base de *D. dumetorum* et des régimes à base de *D. cayenensis*-*D. rotundata*, les premiers permettent d'obtenir chez le poulet et le rat une meilleure croissance, une dégradation plus rapide de l'amidon dans le jabot du coq, une meilleure digestibilité de l'énergie et une meilleure rétention de l'azote et de certains minéraux (SZYLIT *et al.*, 1977 ; BEWA *et al.*, 1979 ; TRECHE et GUION, 1982 ; TRECHE, 1989a ; MBOME LAPE et TRECHE, 1994). Ces différences seraient principalement liées au fait que l'amidon natif de *D. dumetorum* est considérablement plus digestible que l'amidon des autres espèces d'ignames en raison de sa structure cristalline proche de celle des amidons de céréales. Les différences observées entre régimes à base de *D. dumetorum* et régimes à base de *D. cayenensis*-*D. rotundata* persistent après cuisson à l'eau non seulement au niveau de l'efficacité pour la croissance chez le rat mais aussi aux niveaux de la digestibilité de la matière organique et

de la rétention de l'azote chez le rat et l'enfant âgé de 5 à 7 ans (MBOME LAPE et TRECHE, 1994 ; MBOME LAPE *et al.*, 1995).

D'autres études se sont attachées à comparer l'utilisation digestive et métabolique de régimes à base d'ignames à celle de régimes contenant d'autres aliments de base tropicaux.

En comparant les modalités d'utilisation digestive d'un régime à base de *D. cayenensis*, dont l'amidon a un spectre de type B, avec des régimes à base de manioc et de patate douce dont les amidons sont de type A, SZYLIT *et al.* (1978) ont montré que la protéosynthèse microbienne en rumen artificiel est moins importante, la dégradation de l'amidon dans le jabot du coq moins rapide, la croissance des poulets moins forte, la digestibilité de l'amidon et la rétention de l'azote plus faibles avec le régime à base de *D. cayenensis*.

KETIKU et OYENUGA (1973), chez le rat, et FETUGA et OLUYEMI (1976), chez le poulet, ont obtenu des coefficients de rétention de l'énergie (En. métabolisable/En. brute) nettement plus faibles pour des farines d'ignames que pour des farines de manioc (respectivement, 65,4 % et 69,6 % pour *D. rotundata* contre 83,2 % et 89,2 % pour le manioc).

En comparant les effets chez le rat de régimes alimentaires à base de taro, de sorgho, d'igname (*D. dumetorum*) et de banane plantain sur la croissance et la rétention minérale (fer, zinc), BELL et LONNERDAL (1988) ont mis en évidence que le régime à base d'igname avait des effets non statistiquement différents de ceux des régimes à base de taro et de sorgho mais positifs par rapport aux effets du régime à base de plantain.

Par ailleurs, en comparant les effets de régimes contenant 0,5 % de cholestérol, ADAMSON *et al.* (1983) ont observé, chez des rats consommant un régime à base d'ignames d'espèce non précisée, une cholestérolémie plus élevée et des quantités de cholestérol dans le foie et les excréta plus faibles que chez des rats ayant consommé un régime à base de manioc : les fibres contenues dans les ignames semblent moins aptes à contrôler l'hypercholestérolémie que les fibres du manioc.

## Facteurs influençant la valeur nutritionnelle des ignames

### Pratiques culturelles

#### Effets sur les qualités organoleptiques

L'influence des pratiques culturelles sur les qualités organoleptiques des ignames n'ont fait l'objet que

d'un nombre très restreint d'études qui se sont surtout attachées à mettre en évidence l'effet des engrais et du stade de maturité à la récolte.

Les tranches de tubercules de *D. rotundata* ayant bénéficié lors de leur cycle végétatif d'un apport de 30 kg/ha d'un engrais Npk présentent une aptitude au brunissement plus importante que celle de tubercules cultivés sans engrais (ETEJERE *et al.*, 1990).

STEELE et SAMMY (1976b) indiquent que les tubercules immatures sont inaptes à être transformés en flocons acceptables ; RODRIGUEZ *et al.* (1980) ont observé que les tubercules de *D. rotundata* récoltés précocement possèdent une acceptabilité d'ensemble comparable à ceux récoltés plus tardivement mais ont la particularité de ne pas présenter de gradient longitudinal d'acceptabilité : contrairement à ce que l'on observe pour les tubercules récoltés à maturité, la partie proximale des tubercules est jugée aussi bonne que la partie distale.

Au Cameroun, TRECHE *et al.* (1983) ont montré que les qualités organoleptiques de farines préparées à partir de tubercules ayant reçu 0 ou 200 unités/ha d'engrais azoté et/ou 0 ou 240 unités/ha d'engrais potassique n'étaient pas sensiblement modifiées.

Toutefois, il est probable que, comme pour la pomme de terre (GRISON, 1983) et d'autres tubercules, un certain nombre de caractéristiques des tubercules (taille, couleur, teneur en saccharose, texture...), susceptibles d'être influencées par les pratiques culturales, sont des facteurs importants de l'acceptabilité en fonction des préférences des consommateurs.

### Effets sur la composition chimique

Les données disponibles concernant l'effet des pratiques culturales sur la composition chimique des tubercules d'ignames proviennent essentiellement de travaux réalisés au Cameroun avec les espèces *D. rotundata* et *D. dumetorum* (TRECHE, 1989a ; 1989b).

Les variations en fonction de l'année et du lieu de culture qui sont essentiellement liées à des différences de fertilité des sols, de conditions climatiques et d'atteinte par les maladies et les ravageurs, peuvent avoir des conséquences notables sur la valeur nutritionnelle des ignames.

La comparaison des compositions chimiques moyennes de tubercules récoltés à l'issue de cinq essais aux champs effectués au cours d'années et dans des stations agronomiques différentes montre que c'est la teneur en glucides alcoolosolubles, suivie par les teneurs en protéines brutes et en fibres (cellulose + lignine), qui subit les plus grandes variations en fonction de l'année et du lieu de culture.

Les variations relatives de teneur en matière sèche sont deux fois plus élevées pour les tubercules de

*D. dumetorum* que pour ceux de *D. rotundata* : d'un essai à l'autre, une même quantité de tubercules épluchés de *D. dumetorum* peut fournir 27 % de matière sèche, c'est-à-dire d'énergie métabolisable, en plus ou en moins.

La variation relative de la quantité de protéines brutes contenues dans une quantité donnée de farine de l'une ou l'autre des deux espèces peut atteindre 40 % en fonction de l'année et du lieu de culture. Par ailleurs, la comparaison de la composition en acides aminés des échantillons déterminée à l'issue de trois essais différents montre que les écarts relatifs pour un acide aminé donné peuvent atteindre 66 % (arginine dans les protéines de *D. dumetorum*) et sont fréquemment de l'ordre de 40 % (alanine, cystine, tyrosine, isoleucine).

Le poids des semences et le stade de développement des germes ne semblent n'influer significativement que sur la teneur en fibres des tubercules : elle est moins élevée dans les tubercules formés à partir des semences les plus petites (TRECHE et AGBOR EGBE, 1986 ; TRECHE 1989a). Contrairement à ce que l'on observe pour la pomme de terre (GRISON, 1983), la prégermination des semences ne semble pas modifier les teneurs en amidon.

Le tuteurage ne modifie de façon significative ni la teneur en matière sèche de la partie comestible des tubercules, ni les teneurs en protéines brutes et en glucides alcoolosolubles de leur matière sèche comestible. En revanche, pour les tubercules de l'espèce *D. dumetorum*, il est à l'origine d'une augmentation de la teneur en amidon et d'une diminution des teneurs en fibres et en cendres (TRECHE et AGBOR EGBE, 1986 ; TRECHE 1989a). L'effet sur la teneur en amidon pourrait résulter d'une photosynthèse plus importante dans les plantes tuteurées en raison d'une meilleure exposition du feuillage au soleil. Ces résultats seraient néanmoins à confirmer dans des conditions optimales de culture permettant d'obtenir des rendements importants ou à l'inverse dans des contextes infectieux dans lesquels l'absence de tuteurs serait susceptible de favoriser la propagation de certaines maladies (NWANKITI et AHIARA, 1985).

Concernant l'effet de la fertilisation, SOBULO (1972b) a obtenu une augmentation de teneur en protéines de 4,8 à 8,5 g/100 g de matière sèche en appliquant 112 unités d'azote l'hectare ; en revanche, UMANAH (1973) n'a observé aucun effet de la fertilisation azotée sur les teneurs en matière sèche et en amidon. Selon KAYODE (1985), la fumure azotée n'influerait pas sur la teneur en matière sèche, mais 50 kg/ha de phosphore et de potassium la diminuerait. BRADBURY *et al.* (1988) n'ont pas observé d'effet de la fertilisation (NPK) sur les teneurs en matière sèche et en protéines des tubercules de *D. esculenta* au cours d'essais menés en Papouasie-

Nouvelle Guinée. Au Cameroun, différents essais réalisés (TRECHE, 1983 ; 1989a ; TRECHE et GUION, 1983) ont mis en évidence les éléments suivants :

- les teneurs en matière sèche mesurées sur les tubercules de *D. rotundata* ayant bénéficié des doses les plus fortes d'azote (105 unités/ha) sont sensiblement plus faibles que celles des tubercules ayant reçu des apports inférieurs ;
- de forts apports de potassium peuvent diminuer significativement la teneur en matière sèche des tubercules de *D. dumetorum* ;
- une augmentation de la teneur en protéines brutes des tubercules de *D. rotundata* exprimée sur la base du poids sec à mesure que les niveaux d'apport azoté sont plus élevés ;
- une influence relativement faible de la fumure azotée sur la composition en acides aminés de tubercules de *D. rotundata* et de *D. dumetorum* récoltés à maturité ;
- une teneur en calcium 50 % supérieures à celle des tubercules n'ayant pas bénéficié d'épandage d'azote dans les tubercules de *D. rotundata* ayant reçu plus de 60 u/ha d'azote ;
- une teneur en magnésium plus élevée dans les tubercules de *D. dumetorum* ayant reçu des doses d'azote au moins égales à 100 u/ha.

Les études consacrées, par la plupart des auteurs, à l'influence du stade de maturité à la récolte sur la composition chimique des ignames aboutissent sensiblement à des résultats identiques : pendant la période de croissance des organes de réserve, il y a augmentation des teneurs en matière sèche et en amidon et, corrélativement, diminution des teneurs en glucides membranaires, glucides solubles et protéines brutes exprimées sur la base du poids sec (SOBULO, 1972a ; 1972b ; KETIKU et OYE-NUGA, 1973 ; MARTIN, 1979 ; MESCLE et FAVIER, 1973 ; STEELE et SAMMY, 1976b). Les teneurs en lipides (OSAGIE et OPUTE, 1981a), en phosphore et en potassium (SOBULO, 1972b) diminuent en fin de cycle végétatif.

Les travaux menés au Cameroun (TRECHE et GUION, 1979a ; TRECHE et al., 1982 ; TRECHE, 1989a ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996) ont mis en évidence que l'augmentation de la teneur en matière sèche à mesure que la date de récolte se rapproche du stade de maturité était beaucoup plus importante pour les tubercules de *D. rotundata* que pour ceux de *D. dumetorum*. Par ailleurs, ils ont permis d'observer que la teneur en amidon atteint un maximum et que les teneurs en protéines, en glucides membranaires, en glucides alcoolosolubles et en minéraux passaient par un minimum peu avant le stade de maturité.

### Effets sur l'utilisation digestive et métabolique

Une étude menée au Cameroun a comparé l'utilisation digestive et métabolique par le rat de régimes à

base de tubercules de *D. dumetorum* récoltés immatures et matures (TRECHE, 1989a) : aucune différence significative entre les deux régimes n'a été observée aux niveaux de la consommation, du gain de poids, et du coefficient d'efficacité protéique. Avec le régime contenant de la farine de tubercules immatures, on constate, néanmoins, une tendance à obtenir des carcasses ayant accumulé moins d'énergie et plus d'azote. Ces différences se répercutent au niveau de l'utilisation protéique vraie, significativement plus forte pour le régime préparé à partir de tubercules immatures que pour le régime contenant de la farine de tubercules récoltés à maturité. Par ailleurs, les coefficients d'utilisation digestive (Cud) de la matière sèche et de la matière organique du régime contenant la farine de tubercules parvenus à maturité sont significativement plus élevés que ceux du régime à base de farine de tubercules immatures. La rétention du calcium et du magnésium absorbés est significativement plus élevée avec le régime contenant la farine de tubercules récoltés à maturité mais aucune différence significative n'a été observée entre les deux régimes, ni au niveau des Cud des divers minéraux étudiés, ni au niveau de leur rétention lorsqu'elle est exprimée par rapport à l'ingéré.

## Modalités de stockage

### Effets sur les qualités organoleptiques

Plusieurs auteurs ont mis en évidence, au cours de la conservation des tubercules d'ignames, un accroissement de la teneur en polyphénols s'accompagnant d'une aggravation de la tendance à la décoloration des tissus après découpage (MARTIN, 1972 ; MARTIN et RUBERTE, 1976b ; STEELE et SAMMY, 1976b ; IKEDIOBI et OTI, 1983 ; ONAYEMI et IDOWU, 1988).

Une augmentation de la saveur sucrée avec la durée de stockage a été signalée pour *D. rotundata* (ABE, 1973 ; UGOCHUKWU et al., 1977 ; ONAYEMI et IDOWU, 1988). Selon RIVERA et al. (1974a ; 1974b), le « curing » permettrait de conserver une flaveur à peu près constante au cours du stockage de tubercules de *D. alata*. L'irradiation serait à l'origine d'une légère diminution de la qualité gustative juste après traitement, mais après 6 mois, les tubercules irradiés sont jugés meilleurs que des témoins non traités.

Concernant l'évolution de la texture, peu d'informations sont disponibles, hormis les résultats obtenus sur *D. dumetorum* (TRECHE et DELPEUCH, 1979 ; 1982 ; BRILLOUET et al., 1981 ; SEALY, 1982 ; TRECHE, 1989a) mettant en évidence l'impossibilité de consommer les tubercules de cette espèce après stockage en raison d'un phénomène de durcissement.

Au Cameroun, les qualités organoleptiques de plats préparés à partir de farines de tubercules fraîchement récoltés et de farines de tubercules ayant subi un stockage préalable ont été comparées (TRECHE *et al.*, 1983). En testant 14 plats différents à base de *D. dumetorum* (cossettes réhydratées, *foufou* ou bouillies), un jury de 12 panélistes a permis de mettre en évidence une différence de couleur entre les plats préparés à partir de tubercules fraîchement récoltés et ceux élaborés à partir de tubercules stockés pendant 10 semaines ; en revanche, aucune différence significative n'a été relevée au niveau des autres caractéristiques organoleptiques étudiées.

### Effets sur la composition chimique

Différentes observations effectuées sur des tubercules de *D. alata* et de *D. trifida* (CZYHRINCIW et JAFFE, 1951), de *D. cayenensis-D. rotundata* (COURSEY, 1961 ; STEELE et SAMMY, 1976b) et de *D. dumetorum* (SEALY, 1982 ; TRECHE et GUION, 1979b ; TRECHE, 1989a ; RAVINDRAN et WANASUNDERA, 1992 ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996) ont mis en évidence une augmentation des teneurs en matière sèche, avec la durée de stockage ; cette tendance serait plus ou moins accentuée selon les espèces et serait moins forte pour les tubercules ayant subi, préalablement au stockage, un « curing » (GONZALEZ et COLLAZO de RIVERA, 1972 ; RIVERA *et al.*, 1974a) ou une irradiation par des rayons X (RIVERA *et al.*, 1974b).

Plusieurs auteurs ont signalé, au cours de la conservation des tubercules d'ignames, une diminution de la teneur en amidon qu'elle soit exprimée sur la base du poids sec ou sur la base du poids frais (SEALY, 1982 ; IKEDIOBI et OTI, 1983 ; RAVINDRAN et WANASUNDERA, 1992 ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996). Cette diminution serait responsable d'une augmentation passive des teneurs en la plupart des autres nutriments. Par ailleurs, ADESIYAN *et al.* (1975b) ont montré que la pourriture sèche et la pourriture humide pouvaient s'accompagner d'une réduction de 50 à 65 % de la teneur en amidon des tubercules et d'une augmentation importante des teneurs en sucres réducteurs.

Dans les tubercules sains ayant atteint leur maturité, l'augmentation des teneurs en sucres solubles, en particulier en sucres réducteurs, ne dépasserait pas 10 % après 20 semaines de stockage pour STEELE et SAMMY (1976b), mais serait supérieure à 30 % pour KOUASSI *et al.* (1990). Au Cameroun, il a été observé une augmentation sensible des teneurs en glucides solubles dans les tubercules de *D. cayenensis* et de *D. rotundata* mais peu de variations dans ceux de *D. dumetorum* (TRECHE et GUION, 1979b).

Selon STEELE et SAMMY (1976b), la teneur en fibres augmenterait après 20 semaines de stockage, respec-

tivement, de 5 %, 75 % et 2 % dans les tubercules de *D. alata* récoltés immatures, matures et en surmaturité. Dans les essais menés au Cameroun, elle a augmenté de manière beaucoup plus importante dans les tubercules de *D. dumetorum* que dans ceux de *D. rotundata* (BRILLOUET *et al.*, 1981 ; SEALY, 1982 ; TRECHE 1989a ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996). Ce comportement particulier observé pour les tubercules de *D. dumetorum* se traduit par un épaississement des parois cellulodiques directement responsable du phénomène de durcissement signalé pour cette espèce (TRECHE et DELPEUCH, 1979 ; 1982).

A l'exception de ONAYEMI (1986) et de RAVINDRAN et WANASUNDERA (1992), la plupart des auteurs s'accordent pour indiquer une légère augmentation de la teneur en protéines brutes non seulement lorsqu'elle est exprimée par rapport à la matière brute (UGOCHUKWU *et al.*, 1977 ; DIOPOH et KAMENAN 1981), mais aussi lorsqu'elle est rapportée à la matière sèche (STEELE et SAMMY, 1976b ; IKEDIOBI et OTI, 1983 ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996). D'après KOUASSI *et al.* (1988), la teneur en acides aminés totaux diminuerait lentement au cours d'un stockage prolongé mais leur composition ne varierait pas de manière significative.

Les seules données disponibles concernant l'évolution des teneurs en éléments minéraux au cours du stockage proviennent du Cameroun (TRECHE, 1989a ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996). Elles mettent en évidence une diminution notable de la teneur en fer, mais peu de variation pour les autres éléments.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence une diminution de la teneur en acide ascorbique pendant le stockage : selon COURSEY et AIDOO (1966), les pertes seraient limitées lorsque les tubercules sont sains. Pour ONAYEMI (1986), la diminution relative se situerait entre 12 et 17 % après trois mois pour *D. cayenensis-D. rotundata* et *D. alata*. Pour CZYHRINCIW et JAFFE (1951), la teneur pourrait être divisée par 2 ou par 3 en 3 semaines pour *D. alata* et *D. trifida*. Pour RAVINDRAN et WANASUNDERA (1992) la teneur serait divisée par 2 après 3 mois de stockage ; la diminution serait néanmoins faible, même après 6 mois, lorsque les tubercules subissent, avant le stockage, un « curing » (RIVERA *et al.*, 1974a) ou une irradiation (RIVERA *et al.*, 1974b).

D'autres facteurs de variation de l'acceptabilité des tubercules d'ignames après stockage ont été signalés : la température (BOOTH, 1974) ; la germination (OLORUNDA et MACKLON, 1976) ; le stade de maturité à la récolte (MARTIN et RUBERTE, 1976b ; RODRIGUEZ *et al.*, 1980).

### Effets sur l'utilisation digestive et métabolique

Au Cameroun, l'utilisation digestive et métabolique chez le rat d'un régime préparé à partir d'une farine



de tubercules de *D. dumetorum* stockés pendant 4 mois a été comparée à celle d'un régime contenant des tubercules fraîchement récoltés ; les farines n'avaient pas subi de cuisson et les régimes étaient iso-azotés, isoaminés et isoénergétiques (TRECHE, 1989a).

Il n'a pas été observé de différences significatives entre les deux régimes aux niveaux de la consommation, du gain de poids, du coefficient d'efficacité protéique, du Cud de l'amidon et de la composition et du contenu des carcasses en protéines et en énergie. En revanche, les Cud de la matière sèche, de la matière organique, de l'azote, des lipides, du calcium et de l'énergie brute et l'utilisation protidique nette sont significativement plus élevés pour le régime contenant la farine de tubercules fraîchement récoltés que pour celui contenant la farine de tubercules stockés.

Il existe donc des différences significatives au niveau de l'utilisation digestive de la plupart des constituants entre un régime contenant une farine de tubercules matures fraîchement récoltés et un régime contenant une farine de tubercules stockés 4 mois. Les écarts observés sont à relier aux différences notables de teneurs en glucides membranaires existant entre les deux farines, mais pourraient également résulter d'une évolution des caractéristiques de certaines fractions, notamment les protéines ou l'amidon.

## Transformations technologiques

### Effets sur les qualités organoleptiques

Les effets des transformations technologiques sur les qualités organoleptiques des ignames peuvent être considérables : des traitements inadaptés peuvent provoquer l'apparition de couleurs ou de goûts indésirables et d'une texture non conformes aux habitudes alimentaires.

L'épluchage à la soude ne semble pas avoir de répercussions au niveau des caractéristiques organoleptiques des tubercules (STEELE et SAMMY, 1976a ; TRECHE *et al.*, 1983 ; ONAYEMI, 1985).

La durée de cuisson dans l'eau en vue d'une consommation des tubercules en morceaux est un facteur déterminant pour leur texture, mais la durée optimale est extrêmement variable selon les cultivars et les espèces. D'après OKOLI *et al.* (1985), le temps nécessaire pour cuire une tranche de 10 mm d'épaisseur pourrait varier de 5 à 360 minutes. Selon LONGE (1984), chez *D. rotundata*, la capacité de fixation d'eau des composants pariétaux serait presque doublée par la cuisson.

Pour TRECHE *et al.* (1983) et ONAYEMI (1986), les effets des procédés permettant une transformation en produits déshydratés dépendraient à la fois de l'es-

pèce et des procédés utilisés : l'effet favorable d'une précuisson avant séchage serait plus important pour les tubercules de *D. rotundata* que pour ceux de *D. dumetorum*. Mais pour KAMENAN *et al.* (1987), les procédés utilisés pour préparer des farines d'ignames (précuisson ou non, séchage solaire, en étuve ou sur cylindres) ne modifieraient pas notablement leurs propriétés physico-chimiques. Lors de la préparation de flocons d'ignames, la durée d'un éventuel blanchiment (RODRIGUEZ-SOSA *et al.*, 1974) et la pression utilisée pour la cuisson (AYERNOR, 1976) influent sur les proportions d'amidon solubilisé, sur la courbe de sorption de l'eau des flocons après réduction en farine et sur les propriétés rhéologiques des produits reconstitués. Les qualités organoleptiques des flocons et des farines dépendent de la durée et des modalités de leur stockage : après 6 mois, AFABLE (1971) a constaté une décoloration des farines préparées à partir de tubercules de *D. alata*. ONAYEMI et POTTER (1974) ont mis en évidence l'influence de la température et de l'humidité au cours du stockage sur les modifications de couleur et de flaveur dans les farines. STEELE et SAMMY (1976b) ont montré que les qualités organoleptiques des flocons conservés dans des récipients en verre étaient davantage préservées que celles des flocons placés dans des sacs en polyéthylène de 120 microns d'épaisseur.

### Effets sur la composition chimique

Parmi les nombreux traitements utilisés pour transformer les ignames en vue d'une consommation immédiate ou différée, c'est surtout l'épluchage, la cuisson et le bilan de la transformation sous forme de farine qui ont retenu l'attention des chercheurs.

Les différences de composition chimique entre tubercules entiers et tubercules épluchés ont été étudiées par BELL (1981 ; 1985) : pour les trois espèces prises en compte, les teneurs en lipides, fibres, cendres, phosphore, fer et niacine sont plus faibles dans les tubercules épluchés ; en ce qui concerne les autres nutriments, l'importance et le sens des écarts varient selon les espèces. Par ailleurs, plus le rendement à l'épluchage est élevé, plus la teneur en matière sèche est faible dans les tubercules de *D. rotundata* et plus la teneur en fibres est élevée pour *D. dumetorum* et *D. rotundata* (TRECHE, 1989a). TRECHE *et al.* (1984) ont montré que les tubercules épluchés par frottement sous un courant d'eau après immersion dans la soude bouillante présentent un déficit notable en protéines, cendres, phosphore et calcium par rapport aux tubercules épluchés manuellement.

Au cours d'une cuisson dans l'eau bouillante, les tubercules peuvent non seulement perdre certains nutriments par solubilisation dans l'eau, mais aussi être contaminés par d'autres en provenance de l'eau ou des récipients métalliques (TRECHE, 1989a). Par

ailleurs, en provoquant une dispersion partielle de l'amidon, la cuisson favorise son hydrolyse enzymatique au début ou après la cuisson. Enfin la température peut causer la destruction de composés thermolabiles, notamment certaines vitamines.

Pour la plupart des espèces, la teneur en eau des tubercules d'ignames augmente au cours de la cuisson (BELL, 1981 ; BELL et FAVIER, 1982) ou même au cours d'un simple blanchiment (AJIBOLA et al., 1988). Toutefois, une diminution a été observée dans des tubercules de *D. dumetorum* ayant une faible teneur en matière sèche avant cuisson (TRECHE, 1989a).

Au cours de la cuisson dans l'eau, une partie des matières azotées est perdue par solubilisation. Selon BELL (1981), la teneur en protéines brutes des tubercules d'ignames cuits serait de 6 à 11 % inférieure à celle des tubercules crus. SPLITTSTOESSER (1976 ; 1977) estime que, selon les espèces considérées, 25 à 59 % des acides aminés non contenus dans les protéines passeraient dans l'eau au cours d'une cuisson de 25 min dans l'eau bouillante. L'azote contenu dans les acides aminés après cuisson ne correspondrait en moyenne qu'à 87 % de l'azote total des tubercules crus, ce qui conduit SPLITTSTOESSER à préconiser l'emploi du facteur 5,44 au lieu de 6,25 pour estimer les acides aminés totaux dans les tubercules d'ignames au moment de leur consommation. Pour BOULTER et HARVEY (1985), les teneurs en azote total et en acides aminés dans les tubercules cuits de *D. rotundata* représentent, respectivement, 88 % et 89 % des valeurs correspondantes dans les tubercules crus. Les acides aminés les plus facilement solubilisés seraient l'alanine, la serine, l'arginine et l'acide glutamique ; en revanche, moins de 10 % des acides aminés essentiels seraient perdus.

Pour la plupart des espèces d'ignames, les teneurs en minéraux diminuent au cours de la cuisson dans l'eau (TRECHE et al., 1984 ; BELL, 1985 ; BRADBURY et al., 1988 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1992).

En ce qui concerne les variations de teneur en acide ascorbique, les données bibliographiques sont très variables : selon COURSEY et AIDOO (1966), 65 à 95 % de cette vitamine seraient retenus à la cuisson alors que pour LE BERRE et al. (1969), la destruction après cuisson prolongée atteindrait 91 %. Dans des plats préparés à base d'ignames, UMOH et BASSIR (1977) ont mesuré des diminutions de teneurs sur la base du poids sec, de l'ordre de 25 % pour la vitamine A, de 68 % pour l'acide ascorbique, de 30 % pour la thiamine et la riboflavine, de 20 % pour la niacine et de 4 % pour la pyridoxine.

Les variations de composition chimique au cours de la cuisson à l'eau sont plus ou moins importantes selon que les tubercules sont épluchés avant ou après

cuisson, selon la taille et la forme des morceaux mis à cuire et selon l'origine botanique des tubercules.

Pour *D. rotundata*, la cuisson avant épluchage s'accompagne d'une augmentation de la teneur en glucides alcoolosolubles et d'une diminution de la teneur en amidon plus importantes que la cuisson après épluchage (TRECHE et al., 1984) ; seulement 5 % au lieu de 35 % du contenu en acide ascorbique des tubercules d'ignames seraient perdus lorsque les tubercules sont pelés après cuisson (DEGRAS, 1971).

Contrairement à ce qui a été observé pour l'espèce *D. rotundata*, la teneur en eau des tubercules de *D. dumetorum* diminue d'autant plus que la grosseur des morceaux de tubercules mis à cuire est plus faible (TRECHE, 1989a). Par ailleurs la quantité d'azote solubilisée pendant la cuisson est beaucoup plus importante pour *D. dumetorum* que pour *D. rotundata*.

Concernant les autres modes de cuisson, BELL (1981) et BELL et FAVIER (1982) ont observé que la cuisson sur braise provoque une augmentation notable de teneur en matière sèche et une diminution des teneurs en protéines brutes, minéraux et vitamines plus importante que dans les tubercules cuits à l'eau. La cuisson à la vapeur sous pression a des effets comparables à la cuisson à l'eau. Elle serait à l'origine d'une perte de 33 % de l'acide ascorbique dans les tubercules de *D. rotundata* (ONAYEMI et POTTER, 1974).

Les différences de composition chimique entre les tubercules crus et les farines produites à partir de ces tubercules dépendent du choix des procédés à chaque étape de leur élaboration.

Pour des farines préparées sans cuisson avant séchage, KETIKU et OYENUGA (1970) observent des modifications importantes à l'intérieur de la fraction glucidique : diminution de la teneur en amidon ; augmentation de la teneur en sucres solubles ; augmentation, au sein de la fraction des glucides alcoolosolubles, de la proportion de sucres non identifiés aux dépens de la proportion de saccharose.

Pour des farines ayant subi un simple lavage à l'eau bouillante avant séchage au soleil, BELL (1981) et BELL et FAVIER (1982) ont mis en évidence l'influence des modalités de mouture, au mortier ou dans un moulin à moteur, sur les teneurs en protéines et en vitamines des farines et sur la composition des refus de tamisage. Les teneurs en minéraux sont peu différentes de celles des tubercules bruts sauf celle du fer qui est notablement plus élevée, probablement en raison de contaminations par de la poussière lors du séchage au soleil (BELL, 1985). Le séchage au soleil pourrait être préjudiciable aux vitamines photosensibles notamment la riboflavine (BELL, 1981).

Par ailleurs, TRECHE et al. (1984) ont montré que l'influence du séchage sur la composition de



cossettes est fonction de leur épaisseur et de leur pré-cuisson éventuelle : contrairement à ce qui est observé pour les cossettes cuites, on constate dans les cossettes crues après séchage au soleil une augmentation des teneurs en glucides alcoolosolubles, fibres et protéines brutes qui est d'autant plus importante que les cossettes sont plus épaisses.

Il existe donc des interactions entre les procédés choisis à des étapes différentes des transformations (TRECHE, 1989a). Concernant la composition glucidique, c'est l'existence ou non d'une cuisson avant séchage qui détermine l'ampleur des variations au sein des fractions glucidique et protidique.

### Effets sur l'utilisation digestive et métabolique

L'action de la vapeur d'eau pendant 90 secondes suivie d'un broyage et d'une granulation en presse provoque une légère amélioration de l'indice de consommation et de la croissance ainsi qu'une nette augmentation de la digestibilité de l'amidon et de la rétention de l'azote pour des régimes à base de *D. cayenensis* chez le poulet (ATINKPAHOUN, 1972 ; SZYLIT *et al.*, 1978).

Selon CERNING-BEROARD et LE DIVIDICH (1976), une simple cuisson dans l'eau bouillante pendant 30 minutes, pour des régimes à base de *D. alata* distribués à des rats, n'améliore de façon significative ni la croissance, ni l'indice de consommation, ni la digestibilité apparente de l'azote ; toutefois, le coefficient d'utilisation pratique de l'azote passe de 23,0 % pour le régime à base de tubercules crus à 31,2 % pour celui à base de tubercules cuits.

GOMEZ et BUITRAGO (1982) rapportent des résultats sensiblement différents obtenus au Ciat en Colombie : la cuisson dans l'eau augmente considérablement le gain de poids, l'indice de consommation et la digestibilité de la matière sèche de régimes à base de *D. alata* et de *D. esculenta* chez le porc et le rat.

Par ailleurs, PANIGRAHI et FRANCIS (1982) ont obtenu, après cuisson de tubercules dans l'eau pendant 30 min, une augmentation de la digestibilité de la matière sèche et de l'azote, de la valeur biologique et du coefficient d'utilisation pratique de l'azote pour des régimes à base de *D. alata* distribués à des rats.

Quelle que soit l'espèce considérée, la cuisson des farines avant incorporation dans les régimes améliore le coefficient d'efficacité protéique et l'utilisation digestive et métabolique de l'azote. Pour la plupart des autres critères étudiés, l'importance des différences existant entre régimes contenant des farines crues et cuites varie en fonction de l'espèce.

La comparaison de l'influence de la cuisson à l'eau et de la cuisson à la vapeur de tubercules de *D. rotundata* et *D. dumetorum* permet de mettre en évidence que, s'il n'existe aucune différence significative au

niveau des critères de croissance, de digestibilité et d'utilisation métabolique en fonction du mode de cuisson pour les régimes à base de *D. dumetorum*, en revanche, les valeurs du gain de poids, des coefficients d'utilisation digestive de la matière sèche, de l'amidon, et de l'azote, et de l'utilisation protéique nette obtenues pour le régime *D. rotundata* cuit à la vapeur sont légèrement supérieures à celles calculées pour le régime *D. rotundata* cuit à l'eau (TRECHE, 1989 a; MBOME LAPE et TRECHE, 1994).

Il ressort donc que les traitements hydrothermiques provoquent, pour les régimes à base d'amidon peu digestible à l'état natif et de spectre de diffraction de type B (pomme de terre, banane, *D. alata*, *D. cayenensis*), une amélioration de l'utilisation digestive et métabolique relativement beaucoup plus importante que celle observée pour les régimes à base d'amidon facilement digestible à l'état natif et de spectre de diffraction de type A (maïs, manioc, patate douce, taro) ou proche de A (macabo). Cependant, malgré les traitements hydrothermiques subis, l'efficacité pour la croissance et l'utilisation digestive et métabolique des nutriments, en particulier de l'azote, reste généralement plus élevée pour les régimes dont l'amidon possède un spectre de type A.

## Autres sources de variabilité

### Variabilité liée aux caractéristiques morphologiques des tubercules

En dehors des facteurs de variation précédemment répertoriés, dont les effets et les interactions sur la Vn des ignames peuvent le plus souvent être pris en compte par des choix appropriés, il existe d'autres sources de variation plus difficiles à cerner. Une part de la variabilité résiduelle dont elles sont responsables peut être reliée à certaines caractéristiques morphologiques et anatomiques des ignames.

#### POIDS DES PIEDS ET TAILLE DES TUBERCULES

La comparaison de la composition chimique de pieds d'ignames répartis en trois classes de poids (petit, moyen, gros) met en évidence une influence, plus ou moins marquée selon les espèces, du poids des pieds sur les teneurs en certains composants (TRECHE *et al.*, 1989a). Pour *D. dumetorum*, les pieds les plus petits ont des teneurs en glucides alcoolosolubles significativement plus faibles et des teneurs en matière sèche légèrement plus élevées que les pieds plus gros. Pour les cultivars de *D. cayenensis*-*D. rotundata*, on relève des teneurs en matière sèche plus élevées et des teneurs en protéines brutes plus faibles dans les tubercules les plus gros. Par ailleurs, il existe pour *D. dumetorum* une corrélation négative entre la teneur en protéines brutes exprimées sur la base du poids sec et le poids des pieds. Il semble

donc que les teneurs en protéines brutes soient d'autant plus élevées que les pieds sont moins gros.

La taille des tubercules influe également sur leur composition chimique : les tubercules de *D. dumetorum* de taille moyenne ont une teneur en matière sèche et une teneur en protéines brutes plus élevées que les tubercules plus petits ou plus gros. Pour *D. rotundata*, on constate seulement que les teneurs en fibres sont plus faibles dans les tubercules les plus gros.

#### EXISTENCE DE GRADIENTS INTERNES AUX TUBERCULES

Dans la plupart des cas, on peut considérer que les tubercules ont la forme d'un cylindre, plus ou moins déformé, arrondi aux deux extrémités et dont la hauteur est extrêmement variable. On peut donc distinguer deux séries d'axes pour l'étude d'éventuels gradients : ceux parallèles à la hauteur du cylindre aux extrémités desquels on trouve, d'un côté, la partie proximale du tubercule reliée à la tige et, de l'autre côté, la partie distale qui est la plus récemment formée ; ceux correspondant aux diamètres du cylindre sur lesquels il est possible de distinguer les zones internes, médianes et périphériques. Les gradients longitudinaux et les gradients radiaux s'exercent, respectivement, sur les premières et les secondes séries de ces axes.

A l'intérieur des tubercules de la plupart des espèces, des gradients longitudinaux de teneurs existent pour la matière sèche et pour la plupart des nutriments. Les parties proximales, plus anciennement formées, ont généralement des teneurs plus élevées en matière sèche et en protéines brutes, amidon, cellulose et calcium même lorsque ces dernières sont exprimées sur la base du poids sec. En revanche, les parties distales ont des teneurs plus fortes en sucres solubles, hémicelluloses, phosphore, potassium et calcium (COURSEY, 1961 ; WAITT, 1963 ; MARTIN, 1979 ; TRECHE, 1989a ; AKANBI *et al.*, 1996). Les gradients observés pour les glucides digestibles sont à relier aux résultats de PASSAM et NOON (1977) selon lesquels l'intensité respiratoire à la récolte est plus élevée dans les parties distales que proximales.

Les consommateurs préfèrent généralement les parties distales des tubercules d'ignames (PASSAM et NOON, 1977) probablement en raison de leur moins grande dureté (KETIKU et OYENUGA, 1973). Par ailleurs, ONAYEMI (1986) a mis en évidence que les teneurs en polyphénols et la tendance à la décoloration des tissus dans les tubercules de *D. alata* et de *D. cayenensis*, étaient plus élevées, d'une part, dans les parties proximales que dans le reste des tubercules et, d'autre part, dans les parties distales que dans les parties médianes.

L'existence de différences importantes de composition chimique entre la peau et le reste du tubercule d'ignames a été mise en évidence par FERGUSON

*et al.* (1980) et OLOGHOBLO (1985), mais leurs résultats sont contradictoires en ce qui concerne la localisation des plus fortes teneurs pour la matière sèche et les protéines brutes ; ils ne s'accordent que sur l'existence de plus fortes teneurs en la plupart des minéraux dans la peau.

MARTIN et THOMPSON (1971), après avoir analysé séparément trois zones concentriques représentant chacune environ un tiers de la masse des tubercules, observent, sur 26 cultivars de *D. alata*, une tendance non significative à une diminution de la teneur en protéines lorsque l'on va de l'intérieur vers l'extérieur du tubercule.

Pour *D. dumetorum*, un gradient radial croissant de teneur en matière sèche de l'intérieur vers l'extérieur des tubercules a été mis en évidence. Les parties situées sous le périderme ont des teneurs en matière sèche significativement plus élevées que les portions plus internes. Pour les tubercules de *D. rotundata*, on constate l'existence de gradients croissants de l'intérieur vers l'extérieur pour les teneurs en protéines brutes et des gradients décroissants de l'intérieur vers l'extérieur pour les teneurs en matière sèche et en amidon (TRECHE, 1989a).

#### Interactions entre facteurs de variation intervenant au cours de phases différentes de l'élaboration de produits comestibles

Nous rappellerons brièvement ici l'existence d'interactions entre le génotype et certaines pratiques culturales, le stockage et certains procédés technologiques mises en évidence dans les paragraphes précédents et nous soulignerons l'existence d'interactions entre les effets de certains traitements intervenant au cours de phases différentes de la chaîne de production-stockage-transformation.

On peut considérer qu'il y a interaction entre le génotype et un facteur de variation lorsque l'effet de ce facteur sur la Vn des ignames est différent selon la nature de la variété ou de l'espèce.

En ce qui concerne les pratiques culturales, il a été observé que le niveau de fertilisation azotée et potassique n'influe pas de la même manière sur les caractéristiques organoleptiques des farines reconstituées sous la forme de bouillie et de *foufou* selon qu'elles sont préparées à partir de tubercules de *D. dumetorum* ou de *D. rotundata* (TRECHE, 1989a). Par ailleurs, l'évolution des teneurs en certains composants au cours du cycle végétatif n'est pas la même dans les tubercules des deux espèces précitées (TRECHE et AGBOR EGBE, 1996).

Les interactions existant entre le génotype et la durée de stockage sont particulièrement fortes : les différences observées au niveau de la vitesse de déshydratation entre les tubercules de différentes espèces (TRECHE et GUION, 1979b ; TRECHE et AGBOR

EGBE, 1996) et les variations des teneurs en glucides membranaires liées au phénomène de durcissement observé pour les tubercules de *D. dumetorum* traduisent des aptitudes au stockage très différentes (BRILLOUET *et al.*, 1981 ; TRECHE et DELPEUCH, 1982).

Des différences notables de comportement entre *D. rotundata* et *D. dumetorum* au cours des transformations ont pu être observées (TRECHE *et al.*, 1983 ; 1984 ; TRECHE, 1989a). La cuisson avant séchage, le mode de séchage, le mode et la forme de reconstitution finale n'influent pas de manière identique sur certaines caractéristiques organoleptiques. Pendant une cuisson dans l'eau, les cossettes de *D. rotundata* fixent de l'eau et, par conséquent, gagnent du poids tandis que celles de *D. dumetorum* se déshydratent légèrement, ce qui accentue les pertes de poids occasionnées par ailleurs, par la solubilisation de certaines substances. Des différences persistent après cuisson au niveau de l'utilisation digestive et métabolique des régimes contenant des farines de *D. dumetorum* et *D. rotundata* bien que leur amélioration soit proportionnellement plus importante dans les régimes *D. rotundata* que dans les régimes *D. dumetorum*.

Concernant l'influence des pratiques culturales sur l'aptitude au stockage, une interaction significative entre les niveaux de fertilisation azotée et potassique et la durée de stockage avant transformation en farines a été mise en évidence sur les qualités organoleptiques des *foufous* et bouillies (TRECHE, 1989a).

L'influence de la durée du cycle végétatif sur l'aptitude au stockage se manifeste à plusieurs niveaux. Pour deux variétés de *D. cayenensis*-*D. rotundata* étudiées au Cameroun (TRECHE et GUION, 1979c), l'augmentation de teneur en matière sèche au cours du stockage est d'autant plus importante que les tubercules sont récoltés plus tardivement : il semble donc que la déshydratation des tissus soit davantage dépendante de l'âge physiologique des tubercules que de la durée effective de leur stockage. En comparant les teneurs en nutriments, après 8 semaines de stockage, dans des tubercules récoltés à des âges physiologiques différents, on observe que les teneurs en glucides alcoolosolubles ne varient pas dans le même sens selon le degré de maturité des tubercules à la récolte, que les variations observées aux niveaux des teneurs en glucides membranaires sont notablement plus importantes lorsque les tubercules sont récoltés immatures et que le stade de maturité à la récolte peut modifier le sens des variations de la teneur en protéines brutes au cours du stockage des tubercules (TRECHE, 1989a).

Concernant l'influence du stockage sur l'aptitude à la transformation, la comparaison de la composition chimique de produits dérivés de tubercules durcis et non durcis de *D. dumetorum*, à différentes étapes de leur transformation en vue d'une reconstitution sous forme

de *foufou*, montre que les différences de teneurs, qui existent pour la plupart des constituants au niveau des produits bruts ou des produits avant séchage, s'estompent au cours des différentes étapes de leur transformation et ne se rencontrent plus que pour les teneurs en insoluble formique et en cendres dans les produits prêts à être consommés (TRECHE *et al.*, 1984).

Au niveau des caractéristiques organoleptiques, on a observé que les produits reconstitués à partir de tubercules de *D. dumetorum* durcis après 10 semaines de stockage sont jugés significativement inférieurs pour tous les critères étudiés, sauf l'odeur, aux produits préparés à partir de tubercules fraîchement récoltés (TRECHE *et al.*, 1983). Cette détérioration n'est pas forcément imputable au phénomène de durcissement car plusieurs auteurs ont également souligné, pour d'autres espèces, une diminution de l'acceptabilité des produits dérivés de tubercules stockés préalablement à leur transformation (RODRIGUEZ *et al.*, 1980 ; MARTIN et RUBERTE, 1976b).

Le nombre et l'importance des interactions existant entre le génotype et la plupart des autres facteurs de variation, auxquels sont soumis les ignames au cours des différentes phases de leur élaboration, montrent qu'il est dangereux de généraliser à l'ensemble des espèces les effets observés sur un cultivar donné. L'importance des interactions entre le stade de maturité à la récolte et la durée de stockage fait ressortir la nécessité de préciser les conditions de culture des tubercules d'un cultivar donné pour juger de leur aptitude au stockage. D'une manière générale, l'existence d'interactions entre les facteurs de variation des potentialités nutritionnelles des ignames, même lorsque ces facteurs varient à l'intérieur de limites relativement étroites, montre que les effets de chacun d'entre eux ne peuvent être décrits qu'en faisant référence au génotype et à l'histoire culturale et technologique des produits étudiés.

## Contraintes et perspectives pour l'utilisation des ignames en alimentation humaine

### Aptitude des ignames à couvrir les besoins nutritionnels de l'homme

En l'absence de données plus fiables, les compositions chimiques prises en compte pour comparer la Vn des ignames à celle des autres aliments de base africains seront, d'une part, les valeurs moyennes données pour les espèces tubercules de *D. alata*, *D. dumetorum* et *D. rotundata* cultivés au Cameroun (tableaux I à VI) et, d'autre part, les valeurs relevées

dans la table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970) pour les autres aliments.

On constate que seuls les tubercules de *D. rotundata* permettent, pour une même quantité de partie comestible consommée, un pourcentage de couverture des besoins énergétiques se rapprochant de celui estimé pour le manioc, le macabo, la patate douce et la banane plantain (figure 2) ; les tubercules de *D. dumetorum* et *D. alata*, en raison de leur forte teneur en eau, n'autorisent des pourcentages de cou-

verture qu'à peine supérieurs à ceux estimés pour la pomme de terre.

En revanche, les trois espèces d'ignames permettent une couverture des besoins protéiques de l'homme adulte plus élevée que celle susceptible d'être obtenue avec la plupart des autres racines, tubercules ou fruits féculents. La supériorité des ignames sur les autres plantes amylacées pour la couverture des besoins protéiques est encore plus nette chez les enfants que chez les adultes en raison des valeurs élevées des indices chimiques des protéines

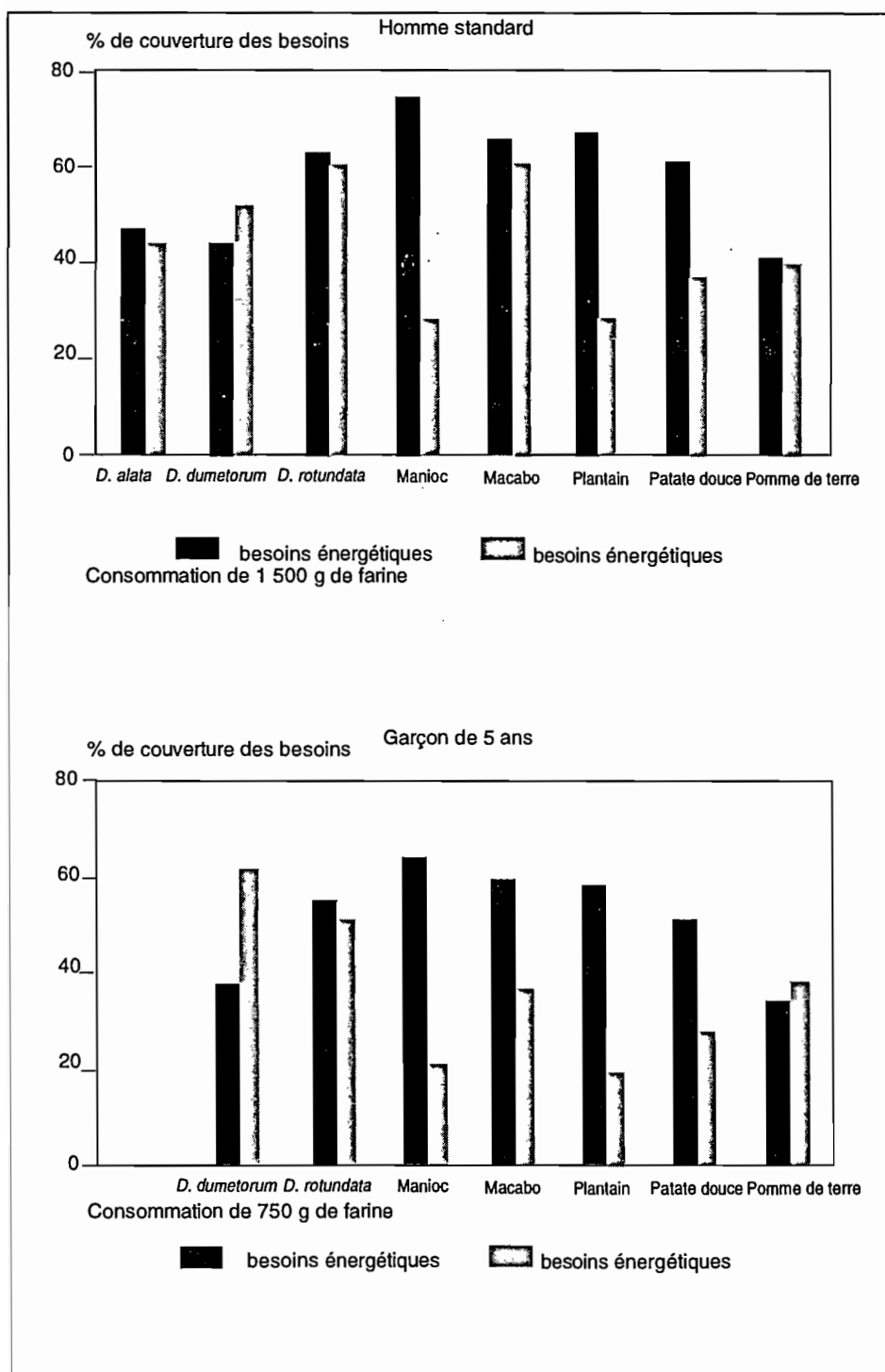
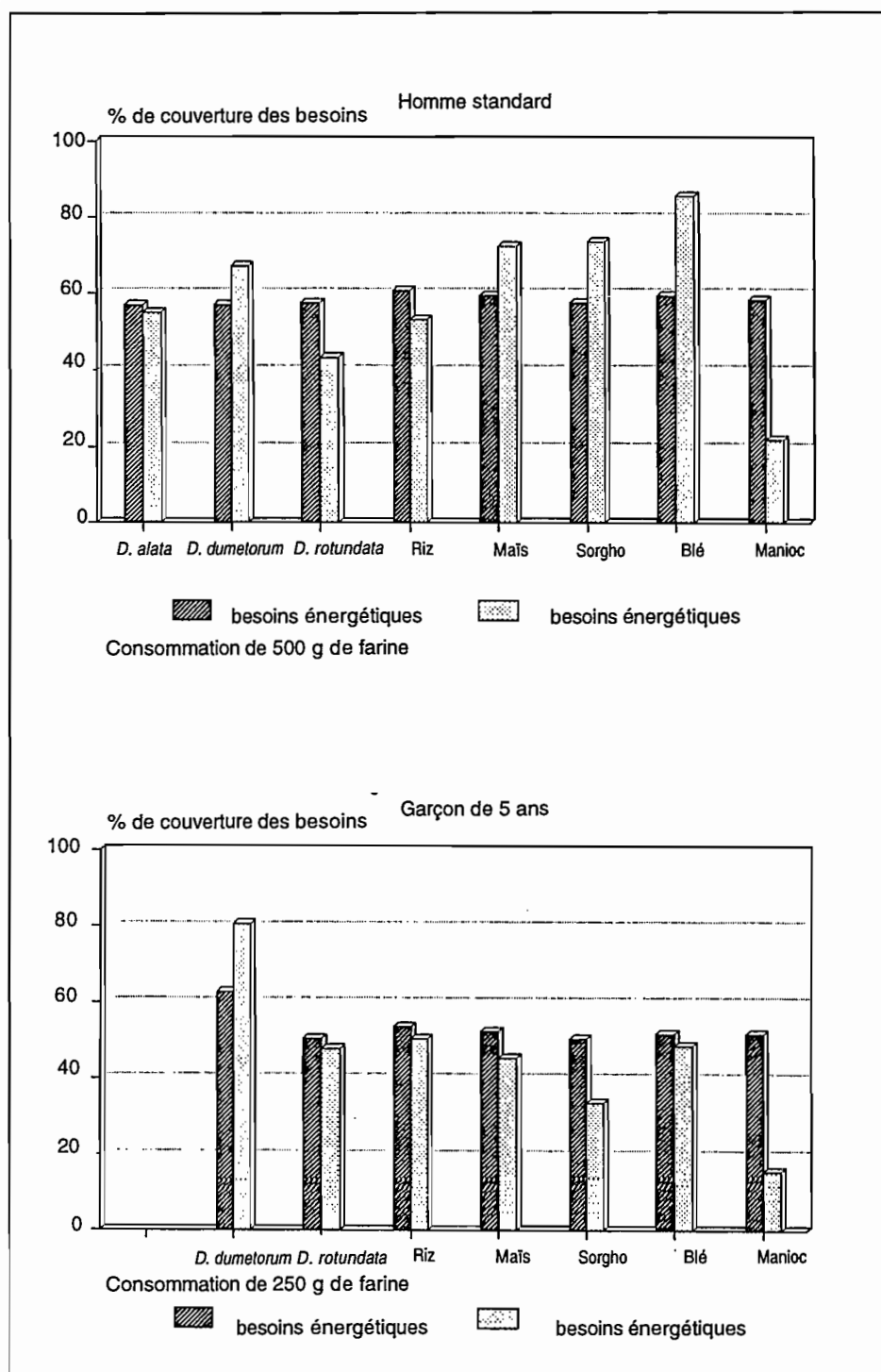


Figure 2. Pourcentages de couverture des besoins énergétiques et protéiques chez l'homme standard et l'enfant d'âge préscolaire par la consommation de, respectivement, 1 500 g et 750 g de matière brute comestible de racines, tubercules et fruits féculents d'origines botaniques différentes.



**Figure 3.** Pourcentages de couverture des besoins énergétiques et protéiques chez l'homme standard et l'enfant d'âge préscolaire par la consommation de, respectivement, 500 g et 250 g de farines (90 % de teneur en matière sèche) élaborées à partir d'aliments amylicés d'origines botaniques différentes.

d'ignames calculées par référence à la structure postulée pour les enfants d'âge préscolaire (FAO/OMS/UNU, 1985).

La comparaison des pourcentages de besoins nutritionnels couverts par la consommation de mêmes quantités de farines par un homme adulte (500 g) et par un garçon de 5 ans (250 g) permet de constater que s'il n'y a pas de différence notable pour les besoins énergétiques entre les différentes farines de céréales et de tubercules prises en compte, il n'en est

pas de même pour les besoins protéiques (figure 3). Pour l'homme adulte, les farines de maïs, sorgho ou blé permettent une meilleure couverture des besoins protéiques que les farines de tubercules d'ignames, quelle que soit l'espèce considérée. Parmi les farines de céréales, seule celle de riz est, sur ce point, légèrement inférieure à celles de *D. dumetorum* et de *D. alata*. Pour l'enfant, toujours en raison des valeurs élevées des indices chimiques, la couverture des besoins protéiques à partir de 250 g de farines d'ignames est comparable (*D. rotundata*) ou plus

importante (*D. dumetorum*) que celle permise par la consommation d'une quantité équivalente de farine de céréales.

Des calculs comparables réalisés pour les besoins en la plupart des minéraux et des vitamines permettaient de mettre en évidence que la Vn des ignames est supérieure à celle des autres racines et tubercules et, généralement comparable ou supérieure, après transformation en farines, à celles des céréales les plus courantes.

Après transformation en farines, certaines ignames, en particulier les variétés de *D. dumetorum* existant au Cameroun, pourraient, d'un point de vue nutritionnel, constituer une solution intéressante pour servir de base à l'alimentation des jeunes enfants notamment lorsqu'elles sont préparées sous forme de bouillies (MARTIN *et al.*, 1984 ; GWANGWA'A *et al.*, 1986 ; MBOME LAPE et TRECHE, 1986 ; TRECHE, 1989a ; FOTSO *et al.*, 1995 ; MBOME LAPE *et al.*, 1995).

## **Risques liés aux variations de la valeur nutritionnelle des ignames**

Les risques liés aux variations de la valeur nutritionnelle des ignames résultent principalement de la méconnaissance ou de la non-prise en considération des conséquences possibles de ces variations au moment des prises de décision. Ces risques sont à prendre en compte à trois niveaux (TRECHE, 1989b).

### **Risques de toxicité**

Les consommateurs de tubercules tropicaux ont appris à éliminer, le plus souvent par des procédés culinaires appropriés, les substances toxiques contenues dans leurs aliments de base. Toutefois, que les teneurs auxquelles les consommateurs sont habitués à faire face viennent à augmenter dans des proportions importantes, ou que les technologies traditionnelles soient modifiées sans que l'efficacité des effets détoxifiants des technologies améliorées n'ait été vérifiée, et des risques de toxicité apparaissent.

Pour les ignames, les risques restent limités étant donné que la plupart des variétés consommées sont réputées non toxiques. Plusieurs auteurs, néanmoins, ont attiré l'attention sur la toxicité de certains cultivars largement répandus (RAO et BERI, 1953 ; MARTIN, 1979 ; 1980), et certains effets observés au niveau du foie des rats ayant consommé de la farine crue de *D. dumetorum* confirment la nécessité de contrôle dans ce domaine (TRECHE, 1989a).

## **Risques de modification de l'aptitude des aliments à subir certains traitements technologiques**

Certaines pratiques utilisées au cours des phases de production et de stockage d'un aliment peuvent avoir une influence notable sur ses propriétés physico-chimiques qui conditionnent son aptitude à subir les technologies susceptibles de lui être appliquées ultérieurement et, d'une manière plus générale, sur l'ensemble des qualités organoleptiques dont dépendra son acceptabilité.

Un mauvais choix des variétés, une récolte trop précoce, un stockage prolongé peuvent modifier les propriétés fonctionnelles des amidons et rendre les tubercules d'ignames inaptes à certains modes de préparation. Compte tenu des exigences généralement très strictes des consommateurs africains pour leurs aliments de base, de faibles modifications d'aspect ou de texture sont suffisantes pour diminuer considérablement leur acceptabilité.

## **Risques de variation des potentialités de couverture des besoins nutritionnels par une quantité donnée d'aliment brut**

Le taux de couverture des besoins nutritionnels à partir d'une quantité donnée d'aliment brut dépend, outre des particularités physiologiques du consommateur, de certaines de ses caractéristiques : rendement de certaines transformations nécessaires à sa préparation, composition en nutriments au moment de son ingestion, disponibilité de ces nutriments.

Dans le cas des tubercules, le rendement à l'épluchage et les pertes en nutriments au cours de l'application de la plupart des procédés culinaires sont non seulement largement dépendants des conditions de réalisation des traitements eux-mêmes, mais aussi influencés par certaines pratiques culturelles ou modalités de conservation.

Comme le montrent les études réalisées au Cameroun (TRECHE, 1989a), les variations de composition en nutriments peuvent, en fonction des différents facteurs de variation intervenant au niveau de la chaîne de production, stockage et transformation, s'élever à plus de 30 % pour la teneur moyenne en matière sèche, donc pour le contenu énergétique, et à plus de 25 % pour la teneur en protéines brutes exprimée sur la base du poids sec.

En ce qui concerne la disponibilité des nutriments, les variations de composition des protéines en acides aminés en fonction de l'espèce et, à un moindre degré, en fonction de la fertilisation et de la date de récolte se répercutent sur l'indice chimique donc sur la valeur biologique des protéines. Par ailleurs, nous avons observé que, selon l'origine botanique de la farine d'igname, le coefficient d'utilisation pratique



de l'azote des régimes peut varier de l'ordre de 20 % chez l'enfant et de 25 % chez le rat.

A tous les niveaux et quotidiennement, des décisions sont prises à partir d'estimations des potentialités de couverture des besoins nutritionnels par une quantité donnée d'aliment. La personne qui ingère sa portion d'aliment de base, la ménagère qui fait son marché, l'agriculteur qui prélève sur sa récolte ce qu'il juge nécessaire pour l'autoconsommation de sa famille ou le planificateur qui fixe les objectifs de production ou contrôle l'approvisionnement des grandes villes se réfèrent, pour estimer les quantités nécessaires à la satisfaction de leurs besoins, à l'expérience acquise à l'occasion de consommations antérieures : si les caractéristiques nutritionnelles de l'aliment considéré sont différentes de celles des aliments qui leur servent, plus ou moins consciemment, de référence, il y a risque de surestimation des potentialités nutritionnelles de l'aliment.

Les modifications du contenu en énergie ou des teneurs en nutriments disponibles des aliments bruts peuvent avoir des conséquences plus ou moins graves selon les situations dans lesquelles elles se manifestent. En zone rurale où l'autoconsommation reste la règle, les régimes sont souvent peu diversifiés et un seul type de tubercules peut fournir plus de 80 % des apports énergétiques. Toute diminution de la valeur nutritionnelle de l'aliment de base, suite à un changement de variétés ou de techniques culturales, est alors susceptible d'avoir des effets notables sur l'état nutritionnel. Dans le cas de régimes plus diversifiés, en particulier en zone urbaine où les vivres consommés sont le plus souvent achetés sur des marchés dont l'approvisionnement est fait à partir de plusieurs zones de production, les effets seront plus limités. Toutefois, à la suite de choix effectués par les agronomes, les planificateurs, les sociétés de développement ou les responsables de l'approvisionnement des centres urbains, le contenu en nutriments de certains vivres proposés aux consommateurs peut se trouver notablement abaissé.

## Conclusion

Les différences de valeur nutritionnelle observées entre les principales espèces d'ignames alimentaires et, à l'intérieur d'une même espèce, entre les différentes variétés cultivées, sont souvent plus importantes que celles qui existent entre les diverses espèces et variétés de céréales cultivées en zones tropicales. Par ailleurs, le nombre et les effets des facteurs de variation auxquels la valeur nutritionnelle d'une variété donnée est soumise sont beaucoup plus importants que ceux qui affectent la plupart des autres aliments de base des zones tropicales. Il est

donc difficile de tirer des conclusions générales sur l'intérêt nutritionnel d'utiliser les ignames en alimentation humaine. On retiendra seulement que plusieurs espèces ont une valeur nutritionnelle supérieure à la plupart des autres plantes à racines et tubercules et que certaines espèces après transformation en farine ont une valeur nutritionnelle comparable à beaucoup de farines de céréales.

Par ailleurs, la variabilité importante observée au niveau de la valeur nutritionnelle des ignames peut dans certains cas être considérée comme un facteur de risques et il doit en être tenu compte dans les choix qui seront faits, tant au niveau des programmes de recherche et de développement qu'au niveau des pratiques quotidiennes dans la chaîne de production, stockage et transformation. Cette variabilité s'observe non seulement au niveau de la valeur nutritionnelle *sensu stricto* mais également au niveau de propriétés fonctionnelles, en particulier celles liées aux caractéristiques physico-chimiques des amidons et au niveau des rendements des différentes étapes de l'élaboration de l'aliment. Il serait donc nécessaire que soient pris simultanément en compte les aspects qualitatifs et quantitatifs au moment des choix.

Jusqu'à la fin des années 80, le développement de l'utilisation des ignames, en particulier en Afrique était limité par l'inadéquation des formes traditionnelles de consommation aux contraintes de la vie urbaine. Avec l'apparition récente de nouveaux modes de transformation et de nouvelles formes de consommation, ces contraintes tendent à disparaître et des perspectives nouvelles apparaissent concernant le développement de la consommation et, par conséquent, de la production des ignames.

L'utilisation de plus en plus fréquente de cossettes et de farines permet d'envisager la fabrication de farines composées rendant ainsi possible la préparation d'aliments nutritionnellement plus équilibrés, en particulier pour les jeunes enfants. Dans cette perspective, certaines variétés, comme les cultivars camerounais de *D. dumetorum* à haut rendement, dont la culture présente par ailleurs l'avantage d'être mécanisable mais dont l'utilisation était jusqu'alors limitée par leur inaptitude au stockage, pourraient, compte tenu de leur valeur nutritionnelle élevée, se révéler particulièrement intéressantes.

## Références bibliographiques

- ABE M.O., 1973. Adaptability of potato drying to yam processing. *J. Milk Food Technol.* 36 : 456-462.
- ADAMSON I., ABIGOR R., 1980. Transformation associated with catecholase in *Dioscorea alata* during storage. *Phytochemistry* 19 : 1593-1595.



- ADAMSON I., EASTWOOD M., BRYDON W.G., 1983. Comparison of the effect of yam, cassava and alfalfa on cholesterol metabolism in the rat. *Nut. Rep. Int.* 27 : 551-560.
- ADESIYAN S.O., ODIHIRIN R.A., ADENIJI M.O., 1975a. Histopathology studies on the yam tuber (*Dioscorea rotundata* Poir) infected with *Scutellonema bradys* (STEINER & LE HEW). *Int. Biodev. Bull.* 11 : 48-55.
- ADESIYAN S.O., ODIHIRIN R.A., ADENIJI M.O., 1975b. Changes in carbohydrate constituents induced in the yam tuber (*Dioscorea rotundata* Poir) by a plant parasitic nematode *Scutellonema bradys*. *Int. Biodev. Bull.* 11 : 124-126.
- AFABLE L.A., 1971. The preparation of ubi powder. *Philippine J. Plant Indus.* 35 : 19-25.
- AGBOR EGBE T., TRECHE S., 1995. Evaluation of the chemical composition of cameroonian yam germ-plasm. *Journal of food composition and analysis* 8 : 274-283.
- AJIBOLA O.O., ABONYI B.I., ONAYEMI O., 1988. The effect of some processing variables on the dehydration of pregelled yam pieces. *J. Fd. Sci. Technol.* 25 (3) : 117-120.
- AKANBI C.T., GUREJE P.O., ADEYEMI I.A., 1996. Effect of heat-moisture pre-treatment on physical characteristics of dehydrated yam. *Journal of Food Engineering* 28 : 45-54.
- ATINKPAHOUN H., 1972. Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle pour le poulet de trois plantes tropicales : *Manihot utilissima*, *Hypomoea batatas* et *Dioscorea cayenensis*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Paris VI, France, 60 p.
- AYERNOR G.S., 1976. Particulate properties and rheology of pregelled yam (*Dioscorea rotundata*) products. *J. Food Sci.* 41 : 180-182.
- BAQUAR S.R., OKE O.L., 1977. Mineral constituents of Nigerian yams. *Nut. Rep. Int.*, 15 : 265-272.
- BELL A., 1981. Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive des ignames (*Dioscorea* spp.) du Cameroun. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université Paris VI, France, 89 p.
- BELL A., 1985. Teneurs en minéraux des tubercules d'igname crus, cuits l'eau et sous forme de farine. In *Plantes-racines tropicales : culture et emplois en Afrique*, TERRY E.R., DOKU E.V., ARENE O.B. et MAHUNGU N.M. (Ed.) Idrc- 221f, Ottawa, Canada, p. 160-163.
- BELL A., FAVIER J.C., 1982. Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive de l'igname au Cameroun. In *Plantes-racines tropicales : stratégies de recherches pour les années 80* : TERRY E.R., ODURO K.A. et CAVENESS F., (Ed.) Idrc-163f, Ottawa, Canada, p. 225-234.
- BELL A., LONNERDAL B., 1988. Mineral absorption from cameroonian diets. In *Proceedings of the VII<sup>th</sup> International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops*. Paris, France, Inra, p. 921-939.
- BERGERET B., MASSEYEFF R., 1958. Composition chimique de quelques aliments peu connus du Cameroun. *Qualitas plantarum et materiae vegetabiles* 3 : 202-209.
- BEVAN C.W.L., HIRST J., 1958. A convulsant alkaloid of *Dioscorea dumetorum*. *Chem. Ind.* 25 : 103.
- BEWA H., 1978. Amidons de tubercules tropicaux. Efficacité nutritionnelle pour le poulet. Thèse de docteur-ingénieur, Paris VI, France.
- BEWA H., CHARLET-LERY G., SZYLIT O., 1979. Rôle de la microflore digestive et de la structure cristalline de l'amidon dans la digestion et l'utilisation des régimes chez le poulet. *Etude des tubercules tropicaux*. *Ann. Nutr. Alim.* 33 : 213-231.
- BOOTH R.H., 1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops : losses and their control. *Trop. Sci.* 16 : 49-63.
- BOULTER D., HARVEY P.J., 1985. Accumulation, structure and utilisation of tuber storage proteins with particular reference to *Dioscorea rotundata*. *Physiol. Vég.* 23 : 61-74.
- BOURRET D., BIDEAU J., MAIGROT M., NICOLI J., 1973. Données analytiques sur les tubercules de *Dioscoreaceae* alimentaires de Nouvelle-Calédonie. *Médecine tropicale* 33 : 617-619.
- BRADBURY J.H., BEATTY R.E., BRADSHAW K., HAMMER B., HOLLOWAY W.D., JEALOUS W., LAU J., NGUYEN T., SINGH U., 1985. Chemistry and nutritive value of tropical root crops in the South Pacific. *Proc. Nutr. Soc. Aust.* 10 : 185-188.
- BRADBURY J.H., HOLLOWAY W.D., 1988. Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Canberra, Australie, Australian Centre for International Agricultural Research, 201 p.
- BRADBURY J.H., SINGH U., 1986. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of tropical root crops from the South Pacific. *Journal of Food Science* 51 (4) : 975-978.
- BRILLOUET J.M., TRECHE S., SEALY L., 1981. Alterations in cell wall constituents of yams *Dioscorea dumetorum* and *D. rotundata* with maturation and storage conditions. Relation with post-harvest hardening of *D. dumetorum* yam tubers. *Journal of Food Science* 46 (6) : 1964-1965 & 1967.

- BUSSON F., 1965. Plantes alimentaires de l'ouest africa *In* étude botanique, biologique et chimique. Leconte Ed., Marseille, France, 568 p.
- CERNING-BEROARD J., LE DIVIDICH J., 1976. Valeur alimentaire de quelques produits amyliques d'origine tropicale : étude *in vitro* et *in vivo* de la patate douce, de l'igname, du malanga, du fruit pain et de la banane. *Ann. Zootech.* 25 : 155-168.
- CHEVALIER A., 1936. Contribution à l'étude de quelques espèces africaines du genre *Dioscorea*. *Bulletin du Muséum* 2<sup>e</sup>, 8 : 520-551.
- CIACCO C.F., D'APPOLONIA B.L., 1978. Baking studies with cassava and yam flour. Biochemical composition of cassava and yam flour. *Cereal Chem.* 55 : 402-411.
- CLEMENTE L.S., 1918. A study of *Dioscorea* with starch determination and cooking tests. *Philippine Agriculturist and Forester* 6 : 230-246.
- CORKILL N.L., 1948. The poisonous wild cluster yam, *Dioscorea dumetorum* Pax, as a famine food in the anglo-egyptian Sudan. *Ann. Trop. Med. Parasit.* 42 : 278- 287.
- COURSEY D.G., 1961. The magnitude and origins of storage losses in Nigerian yams. *J. Sci. Fd Agric.* 12 : 574-580.
- COURSEY D.G., 1965. The role of yams in West African food economies. *World Crops* 17 : 74-82.
- COURSEY D.G., 1972. The civilizations of the yam : interrelationships of man and yams in Africa and the indo-pacific region. *Archaeol. Phy. Anthropol. Oceania* 7 : 215-233.
- COURSEY D.G., AIDOO A., 1966. Ascorbic acid levels in ghanaiian yams. *J. Sci. Fd Agric.* 17 : 446-449.
- CZYHRINCIW N., JAFFE W., 1951. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tuberculos. *Archivos venezolanos de nutrición*, 2 : 49-67.
- DEGRAS L., 1971. Données sur la valeur alimentaire de quelques productions végétales des Antilles. *Parallèles* 38 : 9-14.
- DEGRAS L., ARNOLIN R., POITOUT A., SUARD C., 1977. Quelques aspects de la biologie des ignames (*Dioscorea* spp). I. Les ignames et leur culture. *Annales de l'Amélioration des Plantes* 27 : 1-23.
- DELAROSA L., EMIOLA L., 1980. Characteristics of *Dioscorea rotundata* poly-phenoloxidase. *Journal of applied Biochemistry* 2 : 100-110.
- DIOPOH J., KAMENAN A., 1981. Distribution de l'amylase, de la phosphorylase et de la phosphatase acide dans quelques dioscoréacées (Ignames) de Côte d'Ivoire. *Physiologie Végétale* 19 : 401-405.
- EBERHARDT P., BLOCH M., 1909. Les ignames en Annam et au Tonkin. Leur valeur nutritive. *Bull. des Sciences Pharmacologiques* 9 : 509-515.
- ENDEF, 1977. Tabelas de composicao dos alimentos. Estado Nacional da Despesa Familiar, Rio de Janeiro, Brésil.
- ETEJERE E.O., AJIBADE C.A., FAWOLE M.O., 1990. Influence of fertilizer application on browning and polyphenol oxidase activity in cut tubers of yam. *Turrialba* 40 (4) : 449-502.
- FABOYA O.O.P., 1981. The fatty acid composition of some tubers grown in Nigeria. *Food Chemistry* 7 : 151-154.
- FAO, 1970. Teneur des aliments en acides aminés et données biologiques sur les protéines. Fao, Rome, Italie, 285 p.
- FAO, 1976. Table de composition des aliments à l'usage de l'Asie de l'Est. Fao, Rome, Italie, 368 p.
- FAO, 1991. Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine. Collection Fao : alimentation et nutrition, n° 24, 196 p.
- FAO, OMS, UNU, 1985. Energy and protein requirements. Tech. Rep. Ser. N° 724, Oms, Genève, Suisse.
- FERGUSON T.U., HAYNES P.H., SPENCE J.A., 1980. Distribution of dry matter and mineral nutrients in tubers of two cultivars of *Dioscorea alata* L. *Trop. Agric. (Trinidad)* 57 : 61-67.
- FETUGA B.L., OLUYEMI J.A., 1976. The metabolizable energy of some tropical tuber meals for chicks. *Poultry Science* 55 : 868-873.
- FNRI/NSDB, 1980. Food composition tables recommended for use in the Philippines, 5<sup>th</sup> revision.
- FOTSO M., MBOME LAPE I., TRECHE S., 1995. Amélioration de la qualité nutritionnelle des *foufous* et bouillies à base de maïs, manioc et igname par supplémentation avec du soja. *Cahiers Agricultures* 3 (6) : 369-375.
- FRANCIS B.J., HALLIDAY D., ROBINSON J.M., 1975. Yams as a source of edible protein. *Trop. Sci.* 17 : 103-111.
- GOMEZ G.G., BUITRAGO J.A., 1982. Effects of processing on nutrient content of feeds : root crops. *In* Handbook of nutritive value of processed food. II. Animal feedstuffs, RECHICGL M., Ed. Crc Press Inc., Boca Raton, Florida, USA, p. 221-237.
- GONZALEZ M.A., COLLAZO de RIVERA A., 1972. Storage of fresh yam (*Dioscorea alata* L.) under controlled conditions. *J. Agric. Univ. P.R.* 56 : 46-56.
- GRAMSHAW J.W., OSINOWO F.A.O., 1982. Volatile components of cooked tubers of the water yam (*Dioscorea alata*). *J. Sci. Fd Agric.* 33 : 71-80.

- GRISON C., 1983. La pomme de terre : caractéristiques et qualités alimentaires, Association pour la promotion industrie-agriculture, Paris, France.
- GWANGWA'A S., MARTIN G., RIKONG H., TRECHE S., ADA V., 1986. The effect of soya enriched sweet yam on growth of underweight children. *Revue Science et Technique (Sci. Santé)* 3 (1-2) : 61-74.
- HLADIK A., BAHUCHET S., DUCATILLION C., HLADIK C.M., 1984. Les plantes tubercules de la forêt dense d'Afrique centrale. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 39 : 248-290.
- IKEDIABI C.O., OTI E., 1983. Some biochemical changes associated with post-harvest storage of white yam (*Dioscorea rotundata*) tubers. *J. Sci. Fd Agric.* 34 : 1123-1129.
- JARMAI S., MONTFORD L.C., 1968. Yam flour for the production of fufu. *Ghana J. agric. Sci.* 1 : 161-163.
- KAMENAN A., BEUCHAT L.R., CHINNAN M.S., HEATON E.K., 1987. Composition and physico-chemical properties of yam (*Dioscorea* species) flour prepared using different processes. *Journal of Food Processing and Preservation* 11 : 299-308.
- KAYODE G.O., 1985. Effects of NPK fertilizer on tuber yield, starch content and dry matter accumulation of white guinea yam (*Dioscorea rotundata*) in a forest Alfisol of South Western Nigeria. *Expl Agric.* 21 : 389-393.
- KETIKU A.O., OYENUGA V.A., 1970. Preliminary report on the carbohydrate constituents of cassava root and yam tuber. *Nigerian Journal of Science* 4 : 25-30.
- KETIKU A.O., OYENUGA V.A., 1973. Changes in the carbohydrate constituents of yam tuber (*Dioscorea rotundata*, Poir) during growth. *J. Sci. Fd Agric.* 24 : 367-373.
- KOUASSI B., DIPOH J., FOURNET B., 1988. Soluble sugars from yam and changes during tuber storage. *Phytochemistry* 29 (4) : 1069-1072.
- KOUASSI B., DIPOH J., LEROY Y., FOURNET B., 1988. Total amino acids and fatty acids composition of yam (*Dioscorea*) tubers and their evolution during storage. *Journal of Food Science and Agriculture* 42 : 273-285.
- LE BERRE S., GALLON G., TABI B., 1969. Teneur en vitamine C dans les tubercules et le plantain du Cameroun avant et après cuisson. *Ann. Nutr. Alim.* 23 : 31-45.
- LONGE O.G., 1984. Water-holding capacity of some african vegetables, fruits and tubers measured *in vitro*. *J. Food Sci.* 49 : 762-764.
- MARTIN F.W., 1972. Yam production methods. Production Research Report n° 147, USDA, Washington, USA.
- MARTIN F.W., 1977. A collection of west african yams. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan, Nigeria, 1973. In C.L.A. LEAKEY (ed). ISTRC-IITA, Ibadan, Nigeria, p. 23-27.
- MARTIN F.W., 1974. Tropical yams and their potential. Part 1. *Dioscorea esculenta*. Agriculture Handbook n° 457, USDA, Washington, USA.
- MARTIN F.W., 1976. Tropical yams and their potential. Part 3. *Dioscorea alata*. Agriculture Handbook n° 495, USDA, Washington, USA.
- MARTIN F.W., 1979. Composition, nutritional value and toxic substances of the tropical yams. In Tropical Foods : chemistry and nutrition, INGLET G.E. et CHARALAMBOUS G., Eds. Academic Press, New-York, USA, p. 249-263.
- MARTIN F.W., 1980. The question of toxicity of edible yams. Les colloques de l'Inra. L'igname. Séminaire international, Pointe-à-Pitre, 28 juillet-2 août 1980, Inra, Paris, France, p. 31-39.
- MARTIN F.W., DELPIN H., 1978. New, superior varieties of *Dioscorea alata*, the Asian greater yam. *J. Agric. Univ. P.R.* 62 : 64-75.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1975a. Bitterness of *Dioscorea cayenensis*. *J. Agric. Food Chem.* 23 : 1218-1219.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1975b. Carotenoid pigments of *Dioscorea cayenensis*. *Ann. appl. Biol.* 80 : 317-322.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1976a. The polyphenols of *Dioscorea alata* (yam) tubers associated with oxidative browning. *J. Agric. Food Chem.* 24 : 67-70.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1976b. Changes in the quality of yams in storage. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 9 : 40-51.
- MARTIN F.W., SADIK S., 1977. Tropical yams and their potential. Part 4. *Dioscorea rotundata* and *Dioscorea cayenensis*. Agriculture Handbook n° 502, USDA, Washington, USA.
- MARTIN F.W., SPLITTSTOESSER W.E., 1975. A comparison of total protein and amino acids of tropical roots and tubers. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter*, 8 : 7-14.
- MARTIN F.W., THOMPSON A.E., 1971. Crude protein content of yams. *HortScience* 6 : 545-546.
- MARTIN G.E., TRECHE S., NOUBI L., AGBOR EGBE T., GWANGWA'A S. 1984. Introduction of flour from *Dioscorea dumetorum* in a rural area. In Tropical Root Crops : production and uses in Africa, TERRY

- E.R., DOKU E.V., ARENE O.B., MAHUNGU N.M., Eds. Ottawa, Canada, Idrc-221e, p. 161-163.
- MBOME LAPE I., AGBOR EGBE T., TRECHE S., 1995. Digestibility and metabolism of flour from two yam species (*Dioscorea dumetorum* and *D. rotundata*) in school age children. *Ecology of food and Nutrition* 34 : 217-225.
- MBOME LAPE I., TRECHE S., 1994. Nutritional quality of yam (*Dioscorea dumetorum* and *D. rotundata*) flours for growing rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 66 : 447-455.
- MBOME LAPE I., TRECHE S., 1986. Measurement of the protein quality of soybean-enriched flour mixtures in growing rats. *Revue Science et Technique (Sci. Santé)* 3 (3-4) : 31-37.
- MESCLE J.F., FAVIER J.C., 1973. Recherche d'un test de maturité de quelques tubercules tropicaux d'après l'évolution de leur composition chimique et de leur valeur nutritionnelle. Document Orstom, Yaoundé, Cameroun.
- MIEGE J., 1982. Etude chimiotaxonomique de dix cultivars de Côte d'Ivoire relevant du complexe *Dioscorea cayenensis-D. rotundata*. In *Yams-Ignames*, MIEGE J. et LYONGA S.N., Eds., Clarendon Press Oxford, UK, p. 197-231.
- MONGODIN B., RIVIERE R., 1965. Valeurs bromatologiques de 150 aliments de l'Ouest africain. Institut d'élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, Maisons-Alfort, France.
- MUZAC-TUCKER I., ASEMOTA H.N., AHMAD M.H., 1993. Biochemical composition and storage of Jamaican yams (*Dioscorea* sp). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 62 : 219-224.
- NWANKITI A.O., AHIARA I.U., 1985. Le temps du tuteurage et ses effets sur le développement de l'antracnose de l'igname d'eau. In *Plantes-racines tropicales : culture et emplois en Afrique*, TERRY E.R., DOKU E.V., ARENE O.B. et MAHUNGU N.M., Eds. Idrc-221f, Ottawa, Canada, p. 142-144.
- OBIGBESAN G.O., AGBOOLA A.A., 1978. Uptake and distribution of nutrients by yams (*Dioscorea* spp.) in western Nigeria. *Expl Agric.* 14 : 349-355.
- OKE O.L., 1965. Nutritional studies on Nigerian tubers. *West African Pharmacist*, Novembre 109-110 & 113.
- OKE O.L., 1972. Yam. A valuable source of food and drugs. *World Review of Nutrition and Dietetics* 15 : 156-184.
- OKOLI B.E., GREEN B.O., 1987. Histochemical localization of calcium oxalate crystals in starch grains of yams. *Ann. Botany* 60 (4) : 391-394.
- OKOLI O.O., 1982. Paramètres pour la sélection de parents destinés à l'hybridation de l'igname. In *Plantes racines tropicales : stratégies de recherches pour les années 80*, TERRY E.R., ODURO K.A. et CAVENESS F., Eds. Idrc-163f, Ottawa, Canada, p. 173-176.
- OKOLI O.O., NWOKOYE J.U., UDUGWU C.C., 1985. Indices économiques pour la sélection de clones et le croisement d'ignames. In *Plantes-racines tropicales : culture et emplois en Afrique*, TERRY E.R., DOKU E.V., ARENE O.B. et MAHUNGU N.M., éd. Idrc-221f, Ottawa, Canada : 127-130.
- OLOGHOBO A.D., 1985. Biochemical assessment of tubers of nigerian *Dioscorea* species (yams) and yam peels. *Trop. Agric. (Trinidad)* 62 : 166-168.
- OLORUNDA A.O., MACKLON A.E.S., 1976. Effects of storage at chilling temperature on ion absorption, salt retention capacity and respiratory pattern in yam tubers. *J. Sci. Fd Agric.* 27 : 405-412.
- OMOLE A., ADEWUSI S.A., ADEYEMO A., OKE O.L., 1978. The nutritive value of tropical fruit and root crops. *Nut. Rep. Int.* 17 : 575-580.
- ONAYEMI O., 1985. Sensory texture profile of african foods made from yam and cassava. *J. Texture Studies* 16 : 263-269.
- ONAYEMI O., 1986. Some chemical factors affecting the quality of processed yam. *J. Food Sci.* 51 : 161-164.
- ONAYEMI O., IDOWU A., 1988. Physical and chemical changes in traditionally stored yam tubers. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 36 : 588-591.
- ONAYEMI O., POTTER N.N., 1974. Preparation and storage properties of drum dried white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) flakes. *J. Food Sci.* 39 : 559-562.
- OPUTE F.I., OSAGIE A.U., 1978. Fatty acid composition of total lipids from some tropical storage organs. *J. Sci. Fd Agric.* 29 : 959-962.
- OSAGIE A.U., MOLOGOHME A.O., OPUTE F.I., 1982. Effect of extractable lipid on the viscosity characteristics of yam tubers flours. *Journal of Food Science* 47 : 1378-1381.
- OSAGIE A.U., OPUTE F.I., 1981a. Major lipid constituents of *Dioscorea rotundata* tuber during growth and maturation. *Journal of Experimental Botany* 32 : 737- 740.
- OSAGIE A.U., OPUTE F.I., 1981b. Total lipid and fatty acid composition of tropical tubers. *Nig. J. Nutr. Sci.* 2 : 39-46.
- OSAGIE A.U., OPUTE F.I., 1982. Composition of lipids in *Dioscorea* tubers. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 30 : 993-996.

- OSISIOGU I.U.W., UZO J.O., 1973. Industrial potentialities of some nigerian yam and cocoyam starches. *Trop. Sci.* 15 : 353-359.
- OZO O.N., CAYGILL J.C., 1985. Some characteristics and a comparison of the activities of o-dihydroxyphenoloxidase activity from five yam (*Dioscorea* spp.) species. *J. Sci. Fd Agric.* 36 : 973-979.
- OZO O.N., CAYGILL J.C., 1986. O-dihydroxyphenoloxidase action on natural polyhydric phenolics and enzymic browning of edible yams. *J. Sci. Fd Agric.* 37 : 283-288.
- OZO O.N., CAYGILL J.C., COURSEY D.G., 1984. Phenolics of five yam (*Dioscorea*) species. *Phytochemistry* 23 : 329-331.
- PANIGRAHI S., FRANCIS B., 1982. Digestibility and possible toxicity of the yam *Dioscorea alata*. *Nut. Rep. Int.* 26 : 1007-1013.
- PASSAM H.C., NOON R.A., 1977. Deterioration of yams and cassava during storage. *Annals of applied Biology* 85 : 436-440.
- PETERS F.E., 1959. La composition chimique des aliments du pacifique sud. *Qualitas Plantarum et materiae vegetabiles* 5 : 313-343.
- RAJYALAKSHMI P., GEERVANI P., 1994. Nutritive value of the foods cultivated and consumed by the tribals of South India. *Plant Foods for Human Nutrition* 46 : 53-61.
- RAO P.S., BERI R.M., 1952. Tubers of *Dioscorea hispida* Dennst. *Indian Forester* 78 : 146-152.
- RAO P.S., BERI R.M., 1953. Non-cereal foods : tubers of *Dioscorea* species. *Indian Forester* 79 : 568-571.
- RASPER V., COURSEY D.G., 1967. Anthocyanins of *Dioscorea alata* L. *Experientia* 23 : 611-617.
- RASPER V., MacGREGOR D., 1969. Starchy 'root' crops in the ghanaian diet and aspects of their industrial utilisation. *Gordian* 69 : 47-50.
- RAVINDRAN G., WANASUNDERA J.P.D., 1992. Chemical changes in yam tubers (*Dioscorea alata* and *D. esculenta*) during storage. *Trop. Sci.* 33 : 57-62.
- RIVERA J.R., GONZALEZ M.A., COLLAZO DE RIVERA A., CUEVAS-RUIZ J., 1974a. An improved method for storing yam (*Dioscorea alata*). *J. Agric. Univ. P.R.* 58 : 456-465.
- RIVERA J.R., GONZALEZ M.A., CUEVAS-RUIZ J., 1974b. Sprout inhibition in yam by gamma irradiation. *J. Agric. Univ. P.R.* 58 : 330-337.
- RODRIGUEZ H., 1983. Intérêt d'une variété d'igname portoricaine en Côte d'Ivoire : la Florido. *L'agronomie Tropicale* 38 : 154-157.
- RODRIGUEZ E.J., PARSI-ROS O., GONZALEZ M.A., 1980. Storage of Habanero (*D. rotundata*) yam. *J. Agric. Univ. P.R.* 64 : 50-57.
- RODRIGUEZ-SOSA E.J., GONZALEZ M.A., PARSI-ROS O., 1974. Effect of precooking on the quality of instant flakes from florido yam (*Dioscorea alata* L.). *J. Agric. Univ. P.R.* 58 : 317-321.
- RUBERTE R., 1975. Carotenoid pigments of *Dioscorea alata*. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 8 : 23-24.
- SAMARAJEWA, U., SUFFIYAN M.I., GUNASENA, H.P.M., 1988. Minerals and sapogenins of some yam species. *ASEAN Food Journal* 4 (1) : 38-40.
- SEALY L.H., 1982. Etudes ultrastructurale et biochimique du phénomène de durcissement post-récolte du tubercule de l'igname *Dioscorea dumetorum* (Kunth) Pax var. ex Jakiri. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université de Nantes, tome I-tome II, 68 p.
- SHARMA K.K., PATTABIRAMAN T.N., 1982. Natural plant inhibitors. Purification and properties of an amylase inhibitor from yam (*Dioscorea alata*). *J. Sci. Fd Agric.* 33 : 255-262.
- SOBULO R.A., 1972a. Studies on white yam (*Dioscorea rotundata*). I. Growth analysis. *Expl Agric.* 8 : 99-106.
- SOBULO R.A., 1972b. Studies on white yam (*Dioscorea rotundata*). II. Changes in nutrient content with age. *Expl Agric.* 8 : 107-115.
- SOUICI S.W., FACHMANN W., KRAUT H., 1994. Food composition and nutrition tables. Stuttgart, Allemagne, Medpharm/Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo Crc Press, 1091 p.
- SPLITTSTOESSER W.E., 1976. Protein and total amino acid content before and after cooking of yams (*Dioscorea* spp.). *HortScience* 11 : 611.
- SPLITTSTOESSER W.E., 1977. Protein quality and quantity of tropical roots and tubers. *HortScience* 12 : 294-298.
- SPLITTSTOESSER W.E., MARTIN F.W., RHODES A.M., 1973a. The nutritional value of some tropical root crops. *Proceedings of the tropical Region agriculture society for Horticultural science* 17 : 290-294.
- SPLITTSTOESSER W.E., MARTIN F.W., RHODES A.M., 1973b. The amino acid composition of five species of yams (*Dioscorea*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98 : 563-567.
- STEELE W.J.C., SAMMY G.M., 1976a. The processing potentials of yams (*Dioscorea* spp.). I. Laboratory studies on lye peeling of yams. *J. Agric. Univ. P.R.* 60 : 207-214.

- STEELE W.J.C., SAMMY G.M., 1976b. The processing potential of yams (*Dioscorea* spp.). II. Precooked drum dried flakes-Instant yams. J. Agric. Univ. P.R. 60 : 215-223.
- SULIT J.I., 1967. Processing and utilization of nami (*Dioscorea hispida* Dennst.) tubers. Araneta Journal of Agriculture 14 : 203-221.
- SZYLIT O., BORGIDA L.P., BEWA H., CHARBONNIERE R., DELORT-LAVAL J., 1977. Valeur nutritionnelle, pour le poulet en croissance, de cinq amyloacés tropicaux en relation avec quelques caractéristiques physico-chimiques de leur amidon. Ann. Zootech. 26 : 547-564.
- SZYLIT O., DURAND M., BORGIDA L.P., ATINKPAHOUN H., PRIETO F., DELORT-LAVAL J., 1978. Raw and steam-pelleted cassava, sweet potato and yam *cayenensis* as starch sources for ruminant and chicken diets. Animal Feed Science and Technology 3 : 73-87.
- TOURY J., GIORGI R., FAVIER J.C., SAVINA J.F., 1967. Aliments de l'Ouest africain, Tables de composition. Orana, Dakar, Sénégal, 54 p.
- TRECHE S., 1980. Evolution au cours de la conservation des potentialités nutritionnelles de quelques espèces d'ignames cultivées au Cameroun. In La conservation des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide, n° spécial de la revue Culture Technologique : 247-273.
- TRECHE S., 1983. Evolution de différentes fractions azotées au cours de la maturation et de la conservation des tubercules d'ignames (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). Incidences nutritionnelles. Revue Science et Technique (Sci. Santé) 4-5 : 63-75.
- TRECHE S., 1989a. Potentialités nutritionnelles des ignames (*Dioscorea* spp.) cultivées au Cameroun. Paris, France, Orstom, 595 p.
- TRECHE S., 1989b. Risques liés aux variations de la valeur nutritionnelle des aliments : le cas des tubercules cultivés au Cameroun. In ELDIN M., MILLEVILLE P., Eds : Le risque en agriculture, Paris, Orstom, collection A travers champs, p. 375-394.
- TRECHE S., AGBOR EGBE T., 1986. Influence du tuteurage et de l'état des semences sur les potentialités nutritionnelles de l'igname *Dioscorea dumetorum*. Revue Science et Technique (Sci. Santé) 3 (1-2) : 147-158.
- TRECHE S., AGBOR EGBE T., 1996. Biochemical changes occurring during growth and storage of two yam species. International Journal of Food Science and Nutrition 47 (2) : 93-102.
- TRECHE S., AGBOR EGBE T., MBOME LAPE I., MBA MEZOUIC C., 1983. Essais d'adaptation de procédés technologiques à la fabrication de produits séchés à partir d'ignames cultivées au Cameroun (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). Revue Science et Technique (Sci. Santé) 6-7 : 7-32.
- TRECHE S., DELPEUCH F., 1979. Mise en évidence de l'apparition d'un épaissement membranaire dans le parenchyme des tubercules de *Dioscorea dumetorum* au cours de la conservation. Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris (série D) 288 : 67-70.
- TRECHE S., DELPEUCH F., 1982. Le durcissement de *Dioscorea dumetorum* au Cameroun. In MIEGE J., LYONGA S.N., Eds : Yams. Ignames, Clarendon Press Oxford, Grande-Bretagne, p. 294-311.
- TRECHE S., GALLON G., JOSEPH A., 1982. Evolution des teneurs en éléments minéraux au cours de la maturation et de la conservation des tubercules d'ignames (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). Incidences nutritionnelles. Revue Science et Technique (Sci. Santé) 3 : 69-79.
- TRECHE S., GUION P., 1979a. Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. I. Influence de la date de récolte. L'agronomie Tropicale 34 (2) : 127-137.
- TRECHE S., GUION P., 1979b. Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. II. Aptitude à la conservation des tubercules récoltés après maturité. L'agronomie Tropicale 34 (2) : 138-146.
- TRECHE S., GUION P., 1979c. Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. III. Influence de la maturité à la récolte sur l'aptitude à la conservation. L'agronomie Tropicale 34 (2) : 147-156.
- TRECHE S., GUION P., 1982. Nutritional repercussions of the differences in physicochemical characteristics of starches of two yam species grown in Cameroon. In Proceedings of the V<sup>th</sup> International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, E.L. BELEN and M. VILLANUEVA Eds. Manila, Philippines, Pcarrrd/Visca, p. 259-279.
- TRECHE S., GUION P., 1983. Influence d'apports modérés d'engrais azoté sur la valeur nutritionnelle de tubercules de *Dioscorea rotundata*. Revue Science et Technique (Sci. Santé) 4-5 : 77-92.
- TRECHE S., MBOME LAPE I., AGBOR EGBE T., 1984. Variation de la valeur nutritionnelle au cours de la préparation de produits séchés à partir d'ignames cultivées au Cameroun (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). Revue Science et Technique (Sci. Santé) 1 (1-2) : 7-22.
- UDOESSIEN E.I., IFON E.T., 1992. Chemical evaluation of some antinutritional constituents in four species of yams. Trop. Sci. 32 : 115-119.



- UGOCHUKWU E.N., ANOSIKE E.O., AGOGBUA S.I.O., 1977. Changes in enzyme activity of white yam tubers after prolonged storage. *Phytochemistry* 16 : 1159-1162.
- UMANAH E.E., 1973. Effects of different rates of NPK fertilizers on yield and storage properties of white yam. *Proceedings, 3<sup>rd</sup> International Symposium. Trop. Root Crops*, Ibadan, Nigeria, p. 359-361.
- UMOH I.B., BASSIR O., 1977. Nutrient changes in some traditional Nigerian foods during cooking. Part 1, Vitamins changes. *Food Chemistry* 2 : 155-160.
- VANDER ZAAG P., FOX R.L., KWAKYE P.K., OBIGBESAN G.O., 1980. The phosphorus requirements of yams (*Dioscorea* spp.). *Trop. Agric.* 57 : 97-106.
- WAITT A.W., 1963. Yams, *Dioscorea* species. *Field crop abstracts* 16 : 145-157.
- WALKER A. (Abbé), 1952. Les *Dioscorea* du Gabon. *Rev. Bot. Appl. Agric. Trop.* 32 : 191-193.
- WANASUNDERA J.P.D., RAVINDRAN G., 1994. Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. *Plant Foods for Human Nutrition* 46 : 33-39.
- WATT B.K., MERRIL A.L., 1963. Composition of foods : Raw, processed, prepared. *Agriculture Handbook n° 8*, USDA, Washington, USA.
- WEBSTER J., BECK W., TERNAL B., 1984. Toxicity and bitterness in Australian *Dioscorea bulbifera* L. and *Dioscorea hispida* Dennst. from Thailand. *J. Agric. Food Chem.* 32 : 1087-1090.
- WOMACK M., MARTIN F.W., VAUGHAN D.A., 1976. Toxicity of some edible yams to rats. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 9 : 27-32.
- WU LEUNG W.T., BUSSON F., JARDIN C., 1970. Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service (Bethesda, USA) et Food and Agriculture Organization, Rome, Italie.





# E

## tude de la filière igname au Bénin (proposition de recherche)

J. ADANGUIDI

Institut 490 D, université de Hohenheim,  
70599 Stuttgart, Allemagne

### Introduction

La République du Bénin fait partie du *yam belt* d'Afrique (COURSEY, 1967), qui s'étend du centre de la Côte d'Ivoire aux chaînes montagneuses du Cameroun et qui produit près de 90 % de la récolte mondiale d'igname, soit 24 millions de tonnes annuellement. Le Bénin produit 4 % de la production de cette zone et occupe la troisième place en Afrique après le Nigeria (79 %) et la Côte d'Ivoire (11 %). L'igname y constitue aussi bien une culture de subsistance qu'une culture commerciale. Elle joue un important rôle tant du point de vue économique, dans les systèmes de production locaux, que sur le plan socio-culturel.

### Problématique

La production d'igname au Bénin a fortement augmenté ces dernières années, elle est passée de 680 000 t, en 1983, à 1 250 000 t en 1995 (FAO, 1983-1995).

Sur le plan national, l'igname vient en tête des cultures vivrières par le tonnage (figure 1).

Or, étant donné le contexte politique et le contexte de production, à priori peu favorables à l'igname, on ne peut espérer un pareil résultat (figure 2) :

– un programme d'ajustement structurel (depuis 1988) favorable à la production cotonnière ;

- la politique de prix incitatif du gouvernement en faveur du coton ;
- la dégradation de l'environnement de production ;
- la dévaluation du Naira, en 1985, rendant peu attractif l'exportation vers le Nigeria ;
- la dévaluation du F cfa, en 1994, et les échanges avec le Nigeria et le Togo dont les effets sur la filière igname sont peu connus.

Comment expliquer ce développement et quelles sont les possibilités d'amélioration de la filière igname au Bénin ?

### Objectifs

L'objectif principal de l'étude est d'analyser les changements qui s'opèrent dans la filière igname au Bénin.

Plus spécifiquement, il s'agira d'assurer les opérations suivantes :

- faire une analyse descriptive de l'évolution spatio-temporelle de la filière en relation avec les acteurs centraux ;
- situer la part de l'organisation du marché dans la dynamique de développement de la filière à travers une analyse des stratégies des acteurs en présence ;
- analyser la répartition de la valeur ajoutée entre les différents agents de la filière ;
- identifier les différents goulots d'étranglement et les perspectives d'amélioration de la filière.

## Hypothèses

L'augmentation de la production peut s'expliquer par un ou une combinaison de plusieurs phénomènes en fonction des régions :

- l'augmentation des emblavures des exploitations productrices par l'utilisation de la main-d'œuvre occasionnelle ou saisonnière ;
- l'augmentation du nombre de producteurs par le jeu des migrations ou la croissance démographique ;
- l'augmentation des rendements à l'hectare par une spécialisation des producteurs dans la culture des variétés d'igname à gros tubercules ces dernières années ;
- une amélioration des conditions d'accès au marché par le désenclavement de certaines zones productrices ;
- l'augmentation de la consommation, particulièrement dans les centres urbains du Sud, peut s'expliquer par l'exode, ces dernières années, des populations ayant une tradition alimentaire basée sur l'igname vers les villes du Sud. Ces dernières peuvent également, de part leurs activités — commerce et transformation agro-alimentaire —, rendre le produit accessible aux autres couches de la population, facilitant ainsi l'augmentation de la consommation ;
- la politique de prix incitatif pratiquée pour le coton ne constituera une menace réelle pour la survie de la filière igname que dans les zones où la production de coton présentait déjà un avantage comparatif. Dans le cas d'une complémentarité entre les deux productions (igname destinée à soutenir la production de coton) ou bien d'une production d'igname uniquement destinée à l'autoconsommation, une augmentation du prix du coton influençant la culture d'igname est peu probable.

## Méthodologie

Les unités d'étude dans le cadre de ce travail seront déterminées par les grands réseaux marchands et les zones de production qui leur sont liées.

Au Bénin, il existe trois grands réseaux de commercialisation de l'igname (figure 3) :

- le réseau Djougou-Savalou-Bohicon-Cotonou ;
- le réseau Tchaourou-Glazoué-Bohicon-Cotonou ;
- le réseau Kalalé-Nikki-N'Dali-Mallanville.

Seront retenus, pour chaque entité (zone de production et réseau marchand), un nombre raisonnable d'acteurs (producteurs, intermédiaires, consommateurs, personnes ressources) ainsi que les organisations explicites ou implicites qui contribuent à l'animation du réseau.

Les producteurs seront choisis dans les zones où la production d'igname a connu une augmentation, une diminution et une stagnation ces dernières années. Quant aux consommateurs, le choix portera sur deux anciennes zones de production d'igname (Djidja au Sud et Banikouara au Nord) et d'une ville (Parakou).

## Collecte de données

Des données primaires seront collectées auprès des producteurs, des intermédiaires et des consommateurs par la méthode d'observations participantes, d'enquêtes non structurées et semi-structurées.

La collecte de données secondaires et d'archives se fera auprès des institutions locales (Insaé, Onasa, Mdr, Ong, etc.) et internationales (Fao, Gtz, Banque mondiale, etc.).

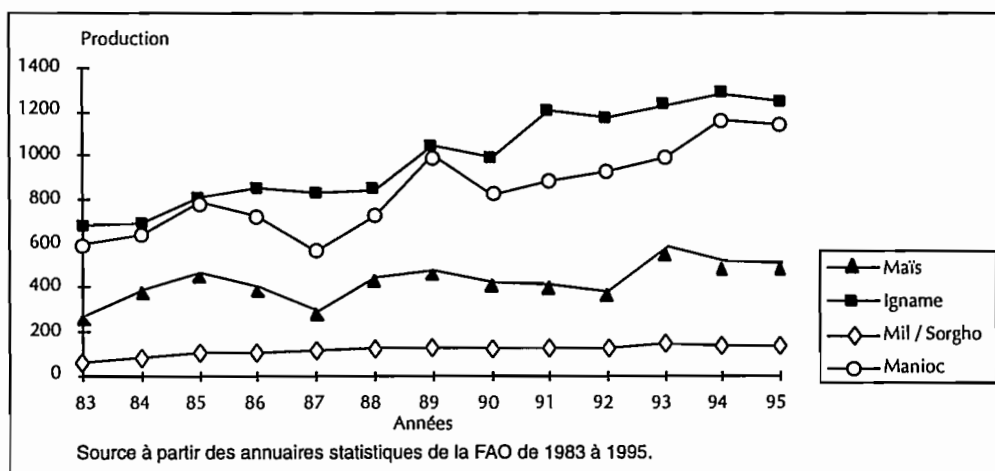
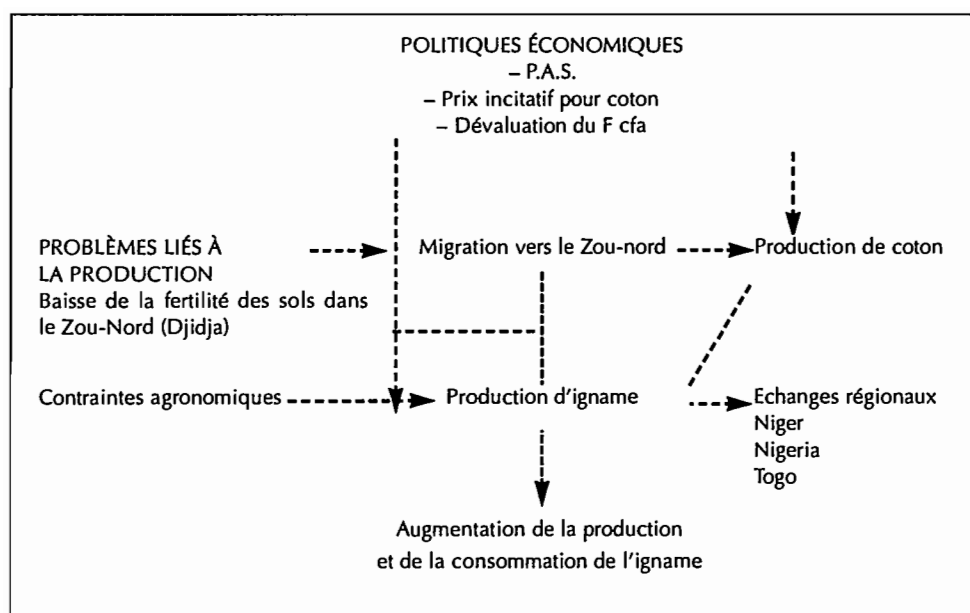


Figure 1. Evolution de la production vivrière au Bénin de 1983 à 1995 (1 000 tonnes).



**Figure 2.** Contexte agroécologique et socioéconomique de l'igname au Bénin. Source : à partir de IGUE et al., (1992).



# Functional properties of pregelatinized yam (*Dioscorea alata*) starch

R.M.L. ALVES, M.V.E. GROSSMANN

Universidade Estadual de Londrina, Department of Food Technology, PO Box 6001, 86051-970 Londrina, PR, Brazil

## Introduction

Pregelatinized starches are widely used in the food industry, mainly in instant foods. Several advantages over traditional techniques make thermoplastic extrusion stand out among the processing techniques used to gelatinize the starch. Variations in raw materials and processing parameters make it possible to obtain starches with a very wide range of functional properties. Corn and cassava starches are the most commonly used in several industrial sectors in Brazil. Yam starch could be more extensively used since its industrial processing can be carried out in the interval between the cassava harvests. Yam starch presents some desirable properties, like stability to high temperature and low pH, but at the same time has high retrogradation tendency. The objective of this paper was to study the effect of the extrusion variables (temperature, moisture and die diameter) in functional properties of yam pregelatinized starches for possible industrial applications.

## Material and methods

The experiments were carried out with starch of yam tubers (*Dioscorea alata*) extracted in the laboratory as WILLINGER (1964) and ROSENTHAL and SPINDOLA (1969).

Yam starch was processed in a Cerealtec International (CT-L15) single screw extruder (52.5 cm in length, 1.61 cm in diameter, 2:1 compression ratio). Screw

speed was 150 rpm and feed rate 90 g/min. The temperature in first zone was 80 °C, while zones two, three and die had the temperature defined by experimental design (Incomplete, factorial, BOX and BENKEN, 1970). Studied variables were feed moisture (18, 21, 24%), temperature (120, 150, 180 °C) and die diameter (3, 4, 5 mm). After extrusion the samples were dried, milled and the studied responses were: expansion (FAUBION and HOSENEY, 1982); specific volume (volume to weight ratio); water absorption and water solubility (ANDERSON, 1969); brabender viscosity (Method 22.10, AACC, 1983); gel strength (Stevens Texturometer); gel retrogradation (BILIA-DERIS, 1982).

## Results and discussion

The expansion of the extrudates increased when die diameter and moisture content in raw materials decreased. The highest values (3.0-3.3) were found with die diameters between 3.0 and 3.5 mm and 18 to 19.5% moisture content. The expansion values were approximately 10% higher than those reported by GROSSMANN *et al.* (1989) for cassava starch, processed at similar conditions.

Only temperature affected specific volume, with higher temperature resulting in products with greater specific volume (4.87 ml/g), or lower densities.

Cold viscosity (CV) depends on the degree of gelatinization and on possible molecular degradations. Variation of the CV shows a saddle point in surface

diagram, with the highest value (285 BU) corresponding to the condition of larger die diameter and high moisture, at a temperature of 120 °C. At higher temperatures, the higher the moisture, the greater the CV, because of the lubricating effect of water, causing less starch degradation.

GROSSMANN *et al.* (1989) reported high CV values (up to three times higher) for pre-gelatinized cassava starch. The viscosity measurement, however, was carried out in a 10% starch suspension, whereas in this study the concentration was 8%.

All pregelatinized starches form opaque gels when in 8% water suspensions. Only temperature influenced this property, but the tried mathematical model showed a 20.97% coefficient of variation and no significant adjustment, indicating that it should be used only to study the tendency of the response. The data indicated that the gel strength was greater in extruded samples with high moisture content and temperatures lower than 165 °C.

Retrogradation was lesser in gels prepared from samples extruded at higher temperatures. As the die diameter increased, the condition of lower retrogradation moved into a wider band with a moisture content lower than 20% and any temperature. Native yam starch showed high retrogradation. These results show that extrusion can improve this property.

These properties could not be quantified because it was impossible to separate the supernatant and precipitate after centrifugation of starch suspension. It was only possible to show that water absorption reaches 10 g water/g starch in samples processed under less drastic conditions (low temperature, high moisture, greater die diameter). This result is higher than that obtained for cassava starch (GROSSMANN *et al.*, 1988) under similar processing conditions.

## Conclusion

This study showed the effects of extrusion variables on the pregelatinized yam starch properties. A correct combination of those variables will allow to obtain a more suitable modified starch for each specific application. The gelation capacity and the improve effect of extrusion on retrogradation indicate that pregelatinized yam starch as a good ingredient to be combined with cassava starch for better functionality.

## References

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 8 ed. Sant Paul, 1983.
- R.A. ANDERSON, F. CONWAY, V.F. PFEIFER. *Cereal Sci. Today* 14 (1) : 4-7, 11-12, 1969.
- C.G. BILIADERIS. *J. Agric. Food Chem.* 30: 925-930, 1982.
- G.E.P. BOX, D.W. BEHNKEN. *Technometrics* 2: 455-475, 1970.
- J.M. FAUBION, R.C. HOSENEY. *Cereal Chem.* 59 (6): 29-533, 1982.
- M.V.E. GROSSMANN, A.A. EL-DASH, J.F. CARVALHO. *Arq. Biol. Tecnol.* 31 (2): 329-335, 1988.
- M.V.E. GROSSMANN, A.A. EL DASH, D.Q. TAVARES. *Arq. Biol. Tecnol.* 32 (4): 793-802, 1989.
- F.R.T. ROSENTHAL, L. SPINDOLA. *Starch* 10: 262-266, 1969.
- A.H.A. WILLINGER. *Potato Starch. In Whistler, R.L. Methods in Carbohydrate Chemistry.* New York, USA, Academic Press, 1964.



# **L**e développement de la filière cossettes d'igname pour l'approvisionnement des villes au Nigeria, au Bénin et au Togo

E. ATEGBO<sup>1</sup>, N. BRICAS<sup>2</sup>, J. HOUNHOUIGAN<sup>1</sup>, E. MITCHIKPE<sup>1</sup>,  
K. E. NKPENU<sup>3</sup>, G. ORKWOR<sup>4</sup>, P. VERNIER<sup>5</sup>

1. Fsa-unb (Faculté des sciences agronomiques, université nationale du Bénin), BP 526, Cotonou, Bénin

2. Cirad-amis, BP 5035, 34032 Montpellier cedex 1, France

3. Incv (Institut national des cultures vivrières), BP 2318, Lomé, Togo

4. Nrcr (National Root Crops Research Institute), PMB 70006, Umuahia, Nigeria

5. Cirad-ca/lita (International Institute of Tropical Agriculture), 08 BP 0932, Cotonou, Bénin

## **I** Les contraintes de la filière des tubercules frais

Dans les pays du golfe de Guinée, l'igname est un produit très apprécié par la population, y compris dans les villes.

Il y a 15 ans au sud-ouest du Nigeria, au Bénin et au Togo, l'approvisionnement des villes en igname était largement dominé par des flux de tubercules frais. Cette situation prévaut dans les autres pays producteurs d'Afrique. Cette filière présente des contraintes :

- la difficile conservation des tubercules en frais occasionne des pertes post-récolte importantes et une irrégularité des disponibilités tout au long de l'année ;
- les coûts de transport et la commercialisation, et par conséquent, les prix au consommateur sont élevés ;
- pour les utilisations culinaires des tubercules frais, les variétés d'igname à gros tubercules sont privilégiées. Ces variétés exigent, pour leur culture, des terres fertiles et un important investissement en travail.

## **I** Un diagnostic de la filière cossettes

Depuis une quinzaine d'années, s'est largement développée une filière d'approvisionnement des

villes en cossettes d'igname au sud-ouest du Nigeria, au Bénin et, dans une moindre mesure, au Togo. Le Cirad, la Fsa-unb (Bénin), le Nrcr (Nigeria) et l'Incv (Togo) ont entrepris, en 1996, un diagnostic des atouts et des contraintes de cette filière. Ce travail a consisté, dans chacun de ces trois pays, en quatre opérations :

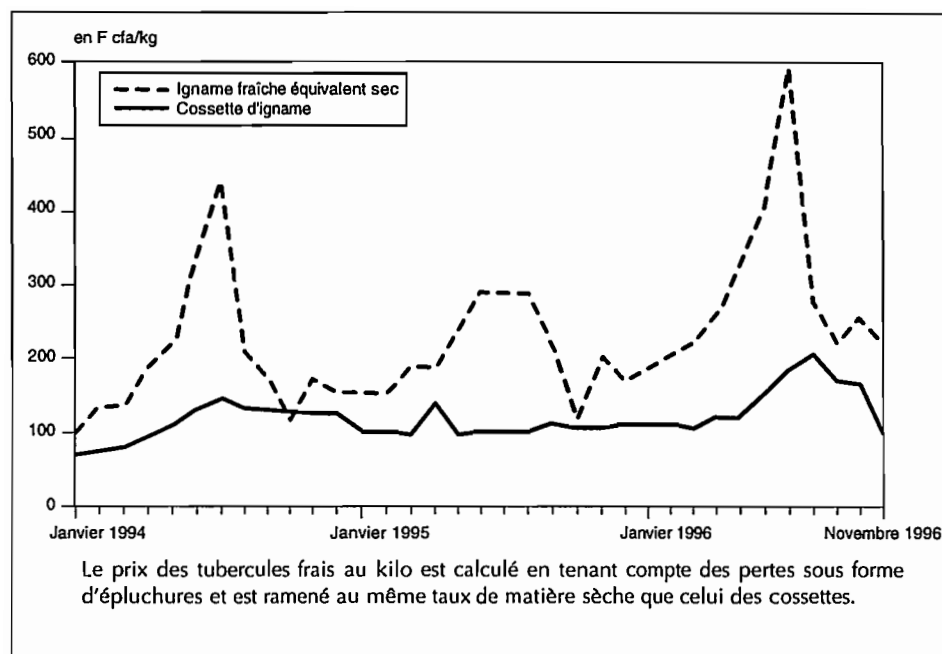
- des enquêtes auprès des consommateurs et des restauratrices urbains ;
- des enquêtes auprès des commerçants grossistes et des détaillants ;
- des enquêtes auprès des producteurs ;
- un diagnostic du système technique de transformation de l'igname en cossettes.

## **R**ésultats

Les cossettes sont obtenues après pré-cuisson et séchage au soleil des tubercules épluchés. Cette transformation est réalisée par les paysans qui commercialisent les cossettes en l'état. Les consommateurs réduisent ce produit en farine auprès de concasseurs et des moulins motorisés artisanaux pour préparer ensuite une pâte élastique appelée *amala* ou *telibo-wo*. En milieu rural, cette farine est également utilisée pour préparer un type de couscous : le *wassa-wassa*.

Cette filière présente les avantages suivants :

- les cossettes peuvent se conserver plus d'un an. Les pertes post-récolte sont donc réduites et la disponibilité est plus régulière (figure 1) ;



**Figure 1.** Evolution des prix de l'igname fraîche et des cossettes d'igname sur le marché de Parakou (Bénin) en F cfa/kg.

– les coûts de transport et commercialisation sont réduits par rapport à ceux de l'igname fraîche du fait de la moindre teneur en eau (13 % pour les cossettes contre 65 % pour les tubercules frais). Le prix au consommateur des cossettes est donc très compétitif par rapport à celui des autres amylacés et intermédiaire entre celui du manioc et de l'igname fraîche ou du riz ;

– la pâte préparée à partir de cossettes est très appréciée par les consommateurs pour son goût, sa facilité de préparation (pas de pilage), ses vertus diététiques ;

– pour la transformation en cossettes, les paysans privilégient des variétés à petits tubercules, appelées *kokoro* (*Dioscorea cayenensis rotundata*), plus faciles à sécher. Pour leur culture, ces variétés se contentent de sols moins riches et sont moins exigeantes en travail. Elles se révèlent donc bien adaptées à l'évolution tendancielle des rotations à jachère réduite.

Au sud-ouest du Nigeria, l'*amala* est ainsi devenu le premier produit alimentaire consommé en ville. A Cotonou, (Bénin), la consommation de pâte de cossettes devance celle d'igname pilée obtenue à partir des tubercules frais (tableau I).

## Conclusion

La filière cossettes d'igname apparaît, de plusieurs points de vue, très intéressante pour contribuer à la diversification de l'alimentation urbaine et bien

adaptée à l'évolution des systèmes de culture. Les techniques de transformation actuelles sont maîtrisables par les petits agriculteurs et ne nécessitent pas d'investissements importants.

Il reste que la performance des systèmes techniques actuellement pratiqués est encore limitée par certaines contraintes :

- difficultés de séchage à certaines périodes plus humides ;
- lutte contre les attaques d'insectes sur les stocks ;
- insuffisante diversité des utilisations de la farine de cossettes.

La diffusion de ce système technique de transformation vers d'autres pays producteurs d'ignames qui ne le pratiquent pas permettrait de diminuer les contraintes d'une filière uniquement basée sur les tubercules frais. Pour réussir, ce transfert de technologie suppose cependant :

- l'adaptation du produit au goût des consommateurs locaux ;
- la vérification de la compétitivité du produit par rapport aux autres amylacés ;
- l'introduction, là où il est absent, d'un nouveau matériel végétal dans les systèmes de culture.

Ces recherches-actions méritent d'être étudiées car elles s'inscrivent dans l'évolution tendancielle des filières d'approvisionnement en cultures vivrières des villes en Afrique.

**Tableau I.** La fréquence de consommation d’igname pilée et d’*amala* en % des réponses.

	Lomé (Togo)		Cotonou (Bénin)		5 villes du sud-ouest du Nigeria	
	igname pilée	<i>amala</i>	igname pilée	<i>amala</i>	igname pilée	<i>amala</i>
Régulièrement	34	6	9	17	17	70
Occasionnellement ou jamais	66	94	91	83	83	30
Total	100	100	100	100	100	100



# Preliminary assessment of the marketing systems for yam in Ghana

R. BANCROFT<sup>(1)</sup>, D. CRENTSIL<sup>(2)</sup>, A. WESTBY<sup>(1)</sup>

(1). Food Security Department, Natural Resources Institute, The University of Greenwich,  
Central Avenue, Chatham, Kent ME4 4TB, United Kingdom

(2). Post-harvest Management Division, Ministry of Food and Agriculture, P.O. Box M.37, Accra, Ghana

The infrastructure of yam marketing systems in four regions in Ghana has been investigated and the trading practices of the principal agents documented. In two case study areas (Greater Accra and Brong Ahafo Regions) data were collected to assess the volume of yams entering the systems; the extent of post-harvest losses associated with trading in major wholesale and retail markets and the gross margins available to the traders. Preliminary data from Techiman Market, Brong Ahafo are reported. Predominant constraints cited by traders were: transport costs, seasonality of production, poor market infrastructure, lack of credit and damage to and rotting of tubers. Analyses suggest that during the early part of the season significant quality depreciation of yams is associated with pre-harvest infestations, harvesting damage and exposure to intense sunlight in the market place. Such loss of quality can lead to price discounting of 25-40% with absolute losses in the market place being less than 10% during the early season.

## Background

Yam (*Dioscorea* spp.) has potential to contribute significantly to food security. However in Ghana, high production costs and post-harvest losses have increased prices to the extent that many consumers are having to turn to cassava as a substitute (TETTEH and SAAKWA, 1991). The majority of research conducted on yams has focused on pre-harvest constraints and only a few studies have considered the improvement of the post-harvest storage system

(ANON., 1994a, b; GTZ, 1995; HENCKES *et al.*, 1995). Marketing has largely been ignored.

The need to improve post-harvest storage handling and transportation is emphasized by the results of surveys conducted by both Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) and the Natural Resources Institute (NRI). A survey of on-farm losses was conducted in Ghana in 1994 by GTZ (ANAMOH and BACHO, 1994; ANON., 1994a, b). Estimates for on-farm losses for yam and cassava together ranged from 4-25% and constituted a significant financial loss for farmers (estimated at an average of 194 000 Cedis per farmer per season). An additional survey carried out by GTZ in 1995 focusing specifically on yam indicated an average loss of 18% over a typical storage period of 16 weeks (GTZ, 1995). Work undertaken by NRI in conjunction with the Ghanaian National Programmes has shown that large quantities of yams are transported considerable distances from areas of production to urban centres and to ports for export (KLEIH *et al.*, 1994). Observations suggest that considerable losses occur during this process of transport and marketing, but few reliable data exist on the extent of these losses or the nature of the constraints that inhibit the further development of these systems.

This paper represents preliminary findings from a British Department for International Development project entitled "Relieving post-harvest constraints and identifying opportunities for improving the marketing of fresh yam in Ghana". The specific aims of this project are to determine and assess constraints, and investigate appropriate technical solutions and opportunities for the more effective handling and marketing of fresh yam.

## **Methodology**

Participatory Rural and/or Market Appraisal techniques (KLEIH *et al.*, 1997) were used to conduct case studies in four regions of Ghana. Data have been collected to describe the principal types of traders and agents working with fresh yams and the characteristics of the marketing systems for the major fresh yam trading centres located in the towns and environs of Tamale (Northern Region), Accra and Tema (Greater Accra Region), Techiman (Brong Ahafo Region) and most recently various districts in the Volta Region. Simultaneously base-line studies of the socio-economic constraints influencing the trading of yams have been undertaken. Attempts were made to determine consumer preferences and also quantify the economic depreciation associated with particular physiological and microbiological loss in tuber quality.

In Techiman and the Volta Region sampling has been conducted to determine the incidence and severity of the biological deterioration of yam tubers arriving at the main marketing centres. Wherever possible yam tubers have been selected from consignments in the market place and assessed for: quality grade allocated by both farmers and traders, premium and discounted price, length and fresh weight of tubers and the incidence, location and extent of external grazes, bruises and mechanical injury; physiological, heat and rodent damage; insect, nematode and pest damage, and bacteriological and mycological lesions. Data for Techiman market are summarized here.

## **Preliminary Findings (Techiman Market)**

### **Market Characterisation**

At the main yam market in Techiman over 60 itinerant and sedentary yam traders, commission agents and retailers were informally interviewed over a 4 week period. Their trading practices were described and monitored (GRAY *et al.*, 1996). Data collected from such interviews were cross-checked with records of the volume of yam consignments arriving in the market which were held by the local yam traders' association. Some idea of yam exports from the market was made available by studying the records of a local transport union with a mandate to levy taxes on departing yam shipments. A two weekly cycle in the availability of yams supplies was identified. As in surveys conducted at other locations, constraints reported by traders included: transport costs, seasonality of production, poor market infrastructure, lack of credit and loss of quality of tubers caused by rots.

The marketing of yams was shown to be very volatile with supplies arriving from rural districts on Tuesdays and Wednesdays with most retail sales occurring on Thursdays and Fridays. Traders attempted to sell their wares within the week. Significant discounting of 25 to 40% occurred if yams were held over for delayed sale. Analysis of the data indicated various discrepancies in the information provided, suggesting that quality information is only likely to be forthcoming if researchers are able to develop a good working relationship with traders over an extended period of time. It is planned that a second survey will be undertaken in Techiman in June/July 1997 to cross-check previous findings and to determine the extent to which season influences the dynamics of yam marketing.

### **Loss Assessment**

Over a three week period, quality assessments of four different species of yams were made of 18 different wholesale and retail consignments available in Techiman Market. Samples were drawn from all grades of material, from that attracting premium prices to those that had been discarded. Significant numbers of premium priced yams were found to have sustained internal damage. The range of symptoms causing loss in value in the market place was somewhat different from that reported for farmers by other researchers. An internal brown spotting of tissues within the tuber was observed frequently, a symptom that may be linked with internal breakdown at a later stage but one which is not referred to in the literature. Other causes of loss not mentioned by other workers are heat damage and holes caused by a "Spear Grass". Insect damage was restricted to that caused by termites. There was minimum rodent damage and although tubers sustained considerable skin damage, bruising was almost non-existent. The incidence of nematode infestations was considerable in certain consignments. Repeated sampling of yam quality will be necessary over several production seasons to be able to determine the true extent of damage and its economic consequences.

## **Future work**

The following work is planned for 1997-1998: (1) continue the socio-economic appraisal of the relationship between produce quality and economic value in Techiman and Accra; (2) monitor significant biological and economic post-harvest losses of yams during the marketing of yams in the Brong Ahafo Region and relate this to genetic, physiological and environmental factors, and (3) commence laboratory

based studies to investigate the genetic, physiological and environmental factors associated with yam perishability.

#### Acknowledgement

This is an output from a project funded by the Department for International Development of the United Kingdom. However the Department for International Development can accept no responsibility for any of the information provided or views expressed.

## References

- ANAMOH B., BACHO F., 1994. Participatory rural appraisal sessions on post-harvest systems of yams and cassava Northern Ghana. Unpublished Preliminary Report, GTZ-Ministry of Food and Agriculture Report, Accra, Ghana, 46 p.
- ANON, 1994a. Survey on post-harvest systems of yams and cassava. GTZ-Ministry of Food and Agriculture Report, Accra, Ghana. October 1994.
- ANON, 1994b. Report on workshop on post-harvest systems of yams and cassava and its potential improvements. GTZ-Ministry of Food and Agriculture Report, Accra, Ghana. November 1994.
- CRENTSIL D., ACHEAMPONG S., ZEWDIE-BOSNER A., DANSO W., 1997. Preliminary Technical Report on Yam Trading Practices and Financial Loss Assessment in Accra and Tema Markets, Ghana. Post-Harvest Management Division (PHMD) of the Ministry of Food and Agriculture (MoFA), Accra, Ghana.
- GRAY A., BANCROFT R. D., GALLAT S., GOGOE S., CRENTSIL D., 1996. Preliminary Technical Report on Yam Market Practices and Yam Tuber Quality Depreciation, Techiman Market, Ghana. Joint Report, NRI and the Post-harvest Management Division of the Ministry of Food and Agriculture, Accra, Ghana.
- GTZ, 1995. Market orientated storage of yams - a case study in Northern Ghana. GTZ Report.
- HENCKES C., FUSEINI H.A., NICOL K., 1995. Market-orientated yam storage: A key to increase the profit of yam production. International Conference, Postharvest Technology and Commodity Marketing, 27-29 November 1995. Accra, Ghana.
- KLEIH U., CRENTSIL D., GALLAT S., GOGOE S.F., NETTEY D.A.S., YEBOAH D., 1994 Assessment of post-harvest needs in non-grain starch staple food crops systems in Ghana. NRI Report.
- KLEIH U., DIGGES P. WESTBY A., 1997. Assessment of the needs and opportunities in post-harvest systems of non-grain starch staples. Natural Resources Institute, United Kingdom.
- TETTEH J. P., SAAKWA C., 1991. Prospects and constraints to yam production in Ghana. Proceedings of the Ninth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. 20-26 October 1991. Accra, Ghana.





# **Y**am processing: Cadbury Nigeria's experience

T. BOGUNJOKO

Cadbury Nigeria plc, Ikeja, Lagos, Nigeria

## **Why process yam?**

Yam is processed to Pounded Yam, a convenience staple food for the whole family by Cadbury Nigeria for the following reasons:

- yam is an important food crop in Nigeria and Nigeria produces about 55% of world's production of yam;
- processing allows for an increase in the life of yam and to cover the usually problematic lean period;
- processing mop-up the excesses at the peak harvest period and hence reduces loss;
- final preparation of Pounded Yam which is laborious and takes 45 minutes for a family of five is reduced to a 5-minutes exercise.

## **Choice of yam variety for processing**

The choice of particular variety for process is of great importance and is predicated by the following:

- availability;
- processability;
- storage characteristics of the yams after harvest;
- starch characteristics.

## **Processing techniques**

There are two main processing techniques for making Pounded

Yam

- drum drying of cooked and mashed yam;

- hot air drying of diced and cooked yam.

While the former produces flakes, the latter is in powder form. The process for making yam flakes involve Peeling, Dicing, Cooking, Mashing, Drum Drying and Granulating to size. For hot air drying process, after cooking, the diced yam is dried in hot chambers and later milled to powder. Packaging in both cases would be with moisture barrier bags/cans to keep the product for long.

## **Finished product**

The finished product must have characteristic flavour, aroma and colour of Pounded Yam (which is creamy-white). The texture must also be characterised by a measure of elasticity and consistency of paste when made up with hot water. The microbial load must be very low with no pathogens at all. For the product to keep for long (1 year shelf life) the moisture content must be a maximum of 7%.

## **Reconstitution**

To reconstitute the yam flakes, follow the following procedure:

- warm the water to near boiling;
- for 1 measure of yam flakes, take 1 1/2 measuring of warm water;
- pour warm water into a sauce-pan and slowly stir in the flakes to make a smooth paste;
- put back on low flame for about 1 minute with stirring.

Your pounded yam is ready to eat.



# D

## Diagnostic des systèmes techniques de transformation de l'igname en cossettes séchées au Bénin

D.J. HOUNHOUIGAN, N. AKISSOE

Fsa-unb, faculté des sciences agronomiques, université nationale du Bénin, BP 526, Cotonou, Bénin

N. BRICAS

Cirad-amis, BP 5035, 34090, Montpellier cedex, France

P. VERNIER

Cirad-ca, IITA, International Institute of Tropical Agriculture, 08 BP 0932, Cotonou, Bénin

Les pertes après-récolte des tubercules d'igname enregistrées dans les pays producteurs de l'Afrique de l'Ouest sont très importantes (40-50 % après 6 mois de stockage). Ces pertes sont dues à l'absence de moyens et méthodes de conservation appropriés. La transformation des tubercules en produits stables (cossettes, farine) est une solution à la conservation de l'igname frais. Cette technique permet, en outre, de réduire de plus de la moitié le poids de la matière à transporter.

La méthode de fabrication des cossettes d'igname, connue depuis longtemps au Bénin et dans les pays voisins (Nigeria, Togo), permet de conserver le surplus des tubercules pour les utiliser pendant les périodes de soudure. Depuis plus d'une décennie, la farine de cossettes d'igname (*Elubo*) est passée dans les habitudes alimentaires des populations urbaines. L'importance de la demande actuelle nécessite que cette technique soit évaluée, améliorée et valorisée.

précuisson-trempe et séchage. La précuisson et le séchage (figure 1) sont deux étapes critiques pour l'obtention de cossettes de bonne qualité. La production des cossettes se fait sur une seule période de l'année (de décembre à mars). Cette période correspond à des conditions de séchage favorables (harmattan). La production de cossettes la plus importante se situe au mois de janvier.

La variété d'igname la plus utilisée pour la fabrication des cossettes appartient au groupe variétal *Dioscorea cayenensis-rotundata* et est connue sous le nom local de *kokoro*. Les tubercules sont généralement de petite taille : longueur moyenne : 14,3 cm ; grosseur moyenne : 5,0 cm et poids moyen : 275 g.

Une gamme variée de feuilles est utilisée au cours de la précuisson, soit pour éviter de trop cuire les tubercules, soit pour les colorer ou pour les préserver des attaques des insectes.

### Systèmes techniques traditionnels

#### Transformation des tubercules d'igname en cossettes

La transformation des tubercules en cossettes comprend trois grandes opérations : épluchage,

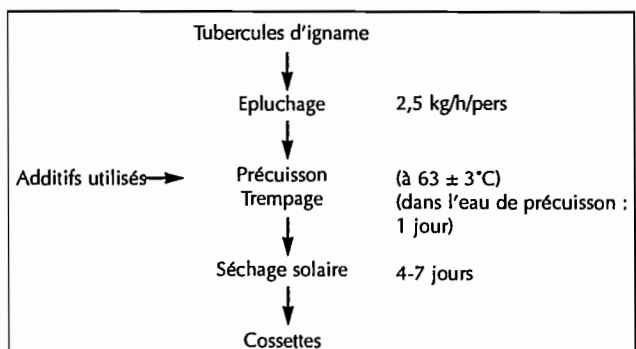


Figure 1. Diagramme de fabrication des cossettes d'igname.

## Utilisation des cossettes d'igname

Pour être utilisées dans la cuisine, les cossettes sont transformées en farine et servent à préparer une pâte élastique l'*amala* et un couscous : le *wassa-wassa* (figure 2). La mouture est réalisée au moyen de deux broyeurs : un concasseur et un moulin à meules.

## Diagnostic des systèmes techniques

Les deux opérations critiques du procédé de transformation en cossettes ont été étudiées afin de l'optimiser et de minimiser le risque d'échec au cours de la transformation. Ainsi, l'effet de la précuisson sur le séchage, l'influence des aires de séchage et la fabrication de chips et leur comportement au séchage et à la conservation ont été étudiés. En outre, l'effet insecticide de quelques feuilles a été suivi au cours du stockage des cossettes.

Les tubercules précuits sèchent plus vite et sont plus durs et plus attrayants que les tubercules non précuits. Ces derniers donnent des cossettes noirâtres qui pourrissent de l'intérieur après quelques jours.

Les aires de séchage (bâche noire, claie à grillage métallique, terrasse en terre battue cimentée) ont été testées pour leur efficacité au cours du séchage. Les tubercules sèchent plus lentement sur des claies à grillage métallique ou sur des bâches en plastique

que sur une terrasse cimentée. Les tubercules séchés sur des bâches en plastique gardent la face en contact avec cette dernière plus humide, ce qui favorise le développement des moisissures.

Les tubercules précuits dans une eau contenant des feuilles de *neem* ont montré une moindre susceptibilité aux attaques d'insectes (*sitophyllus* spp.) que les tubercules non traités et ou traités avec des feuilles de citronnelles (*lptus suaveolin*).

La précuisson des tubercules est indispensable pour accélérer le séchage mais les feuilles interviennent comme « colorant » et « anti-choc » thermique. Leur rôle insecticide reste à vérifier pour la plupart.

## Tests d'amélioration

### Fabrication de chips

Le séchage et la précuisson sont, en général, les deux opérations critiques de la production des cossettes. La production de chips, (bâtonnets de petite taille découpés dans le tubercule) transformables en farine, ne nécessite pas une précuisson préalable au séchage et un concassage avant mouture (figure 3). Elle permet, en outre, d'étendre la période de séchage au-delà de la période de l'harmattan. Les essais de conservation de chips et de tubercules entiers de cossettes ont montré que les chips ne sont pas attaquées après 10 mois alors que plus de la moitié (58 %) des tubercules sont sérieusement attaqués dès le 4<sup>e</sup> mois.

### Fabrication de *wassa-wassa* sec

Le roulage de la farine de cossettes (*elubo*) pour l'obtention de couscous d'igname a été réalisé avec le rouleur Afrem. Ce test a permis d'identifier les

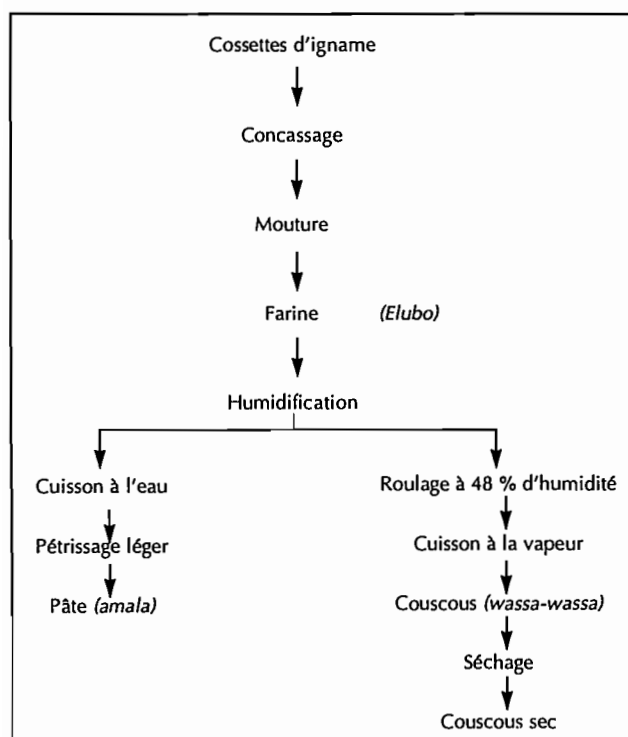


Figure 2. Diagramme de fabrication des produits dérivés des cossettes.

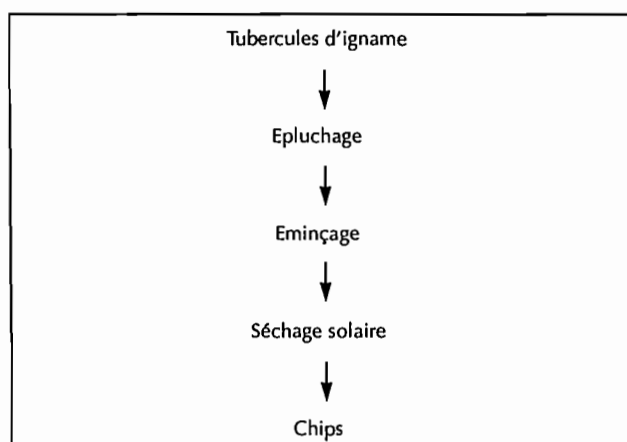


Figure 3. Diagramme de fabrication de chips.

paramètres optima de roulage (teneur en eau au roulage, granulométrie recherchée, vitesse de roulage). Le produit fini testé a été favorablement apprécié après la dégustation.

## **Conclusion**

La transformation en cossettes puis en farine (*elubo*) est une forme de conservation de l'igname

traditionnellement bien connue au Bénin. Mais cette technologie garde encore toute sa spécificité socio-culturelle et mythique liée à son origine. La précuisson et le séchage sont des étapes critiques de cette technologie. Contrairement aux cossettes de manioc qui sont directement séchées après épluchage, les cossettes d'igname nécessitent une précuisson pour un séchage rapide et sans pourriture. L'introduction d'un éminceur coupant des chips de faible épaisseur permet d'éviter la précuisson tout en assurant un séchage encore plus rapide.





# **L'igname en république du Congo : l'expérience d'Agricongo en matière de valorisation**

C. MADEMBO

Agricongo, direction de la recherche et innovation, BP 14574, Brazzaville, république du Congo

## **Agricongo : un outil d'appui pour le développement du Congo**

Créé en 1986, Agricongo, institut des pays d'Agrisud international, est un outil d'appui au développement économique du Congo. L'approvisionnement des centres de consommation, l'emploi des jeunes et la meilleure gestion de l'environnement sont au cœur de ses préoccupations. Une longue période d'expérimentation technique et socio-économique a permis de mettre au point et de développer des systèmes de production agricoles et para-agricoles performants, adaptés à leur environnement et capables d'être mis en œuvre dans une démarche d'entreprise. Cette approche privilégie le développement d'une économie locale, prise en main par des acteurs plus professionnels donc bien formés et responsables.

Aujourd'hui, Agricongo est entré dans une phase de développement qui vise à étendre son expérience et ses activités à l'ensemble du pays. Pour cela, il met en œuvre une démarche pragmatique qui, à la suite d'études et de programmes d'actions pilotes, aboutit à la création de centres de ressources régionaux, dispositif permanent d'accompagnement des initiatives de développement qui s'appuie sur le tissu professionnel.

Le succès de cette démarche repose sur :

- l'adaptation technico-économique des systèmes de production aux conditions locales et un accompagnement au plus près des exploitants ;
- l'intégration de ces systèmes dans l'économie des bassins d'approvisionnement des centres de consommation ;

- la professionnalisation des exploitants et entrepreneurs par des parcours en entreprise.

Agricongo s'inscrit dans le dispositif de soutien à la politique agricole au Congo et joue également un rôle important d'interlocuteur entre les différents acteurs ou institutions concernés : Etat et milieu professionnel, bailleurs de fonds et bénéficiaires, recherche et développement.

Agricongo tire sa force des nombreux partenariats qu'il a su créer dans les milieux scientifiques et du développement, tant au niveau national qu'international. A travers Agrisud, l'expérience d'Agricongo s'est élargie à d'autres pays, d'abord au Gabon puis au Cambodge et prochainement à la république sud africaine, à la Côte d'Ivoire et à l'Angola.

## **Situation actuelle de la culture**

L'igname, plante séculaire, est présente sous différentes espèces et variétés dans toutes les régions du Congo.

Elle est cultivée, soit sur de petites superficies, en association avec d'autres cultures pour les besoins d'autoconsommation, soit sur de grandes superficies généralement en culture pure, principalement sur les plateaux (*Dioscorea rotundata*) et dans la vallée du Niari (*Dioscorea alata*), pour la commercialisation.

La culture est essentiellement manuelle. Les techniques culturales employées (billons, buttes, écobuage), sont contraignantes et pénibles, elles ne valorisent pas la culture qui, avec un matériel végétal, ancien et peu performant, ne donne que de

faibles rendements. Les lieux de production sont souvent éloignés des grandes agglomérations urbaines. Le transport des produits vers les zones de consommation constitue de ce fait une charge non négligeable dans la détermination du prix de revient des denrées au consommateur.

Les tubercules sont périssables et la quasi-inexistence de structures de conservation a pour conséquence la pourriture et donc la perte d'une bonne partie de la production dans la chaîne de distribution.

L'inorganisation du système de collecte de l'information agricole se traduit par un manque notoire de statistiques fiables sur les productions réalisées. Les estimations sur la période 1979-1981 portaient sur une production annuelle de 13 000 à 16 000 t de tubercules sur 3 000 ha, soit des rendements de l'ordre de 4,3 à 5,3 t/ha (DEGRAS, 1994)<sup>(1)</sup>.

En dépit de cette situation, la plante bénéficie d'un certain intérêt, qui se traduit par une place de plus en plus grande dans les systèmes culturels et une présence de plus en plus importante dans l'alimentation humaine.

## Valorisation

### Valorisation traditionnelle

L'igname est traditionnellement consommée cuite (à l'eau ou à la braise, pilée après cuisson à l'eau) comme aliment de base accompagnant le plat de résistance à l'instar du manioc ou du plantain, ou sous forme de bouillie (salée ou sucrée).

Le manque de structures de conservation en fait une denrée saisonnière sujette à la fluctuation des prix.

### Valorisation actuelle

La production de la farine d'igname par séchage des tubercules est la première voie de valorisation de la culture retenue par Agricongo. En effet, elle permet les opérations suivantes :

- réduire les pertes post-récolte ;
- assurer aux producteurs un revenu substantiel ;
- augmenter la capacité de production des paysans grâce à une demande croissante en matière première par les unités de transformation naissantes ;
- générer une plus-value sur la production de base ;

– satisfaire la demande des consommateurs par une présence permanente de l'igname transformée sur le marché ;

– créer des emplois par une présence accrue d'unités de transformation et une augmentation du potentiel productif d'exploitations de base.

La voie ainsi adoptée s'articule autour du tandem suivant :

– la mise au point technologique du processus de production mécanisée de la farine précuite, avec conservation de ses qualités organoleptiques, afin de : diversifier les modes de consommation, de faciliter la préparation culinaire et de vulgariser la consommation du nouveau produit ;

– la modélisation du système débouchant sur la mise en place d'une micro-entreprise.

### Méthodologie

La variété d'igname utilisée est la variété de Gamboma (*D. alata*) Ekwa-Eko.

#### PHASES DE TRAVAIL

Le travail comporte deux phases. La phase 1 concerne les manipulations en laboratoire :

- production de la farine en conditions contrôlées (utilisation de l'étuve pour le séchage) ;
- analyse des résultats.

La deuxième phase, ou transfert en pilote, correspond aux opérations suivantes :

- la production en situation réelle (simulation du pilote) par l'utilisation de la serre et du four de séchage ;
- le montage du pilote (pré-modélisation).

#### HYPOTHÈSES DE TRAVAIL

Trois hypothèses de travail sont formulées à partir de la préparation du produit, qui consiste à nettoyer, équeuter et trancher grossièrement les tubercules :

- hypothèse 1 : préparation du produit → épluchage → séchage → torréfaction → broyage → conditionnement ;
- hypothèse 2 : préparation du produit → épluchage → cuisson → séchage → torréfaction → broyage → conditionnement ;
- hypothèse 3 : préparation du produit → cuisson → épluchage → séchage → torréfaction → broyage → conditionnement.

### Tests et résultats

Les résultats ont été évalués sur la base des hypothèses de travail sous-mentionnées :

- tests et propositions des systèmes de séchage ;
- formalisation du schéma technologique définitif pour obtenir un produit appréciable organoleptiquement qui sera sujet à changement d'échelle ;

1. DEGRAS L., 1994. L'igname. Collection Le technicien de l'agriculture tropicale. Maisonneuve et Larose, Paris, France.

– proposition d’une unité de production et évaluation du coût d’investissement par l’estimation de l’analyse de la valeur.

Les résultats obtenus dans l’hypothèse 1 n’ont pas été satisfaisants : la farine est noirâtre, le rendement global est faible (20 % en moyenne). Dans les hypothèses 2 et 3 : la réalisation simultanée de ces deux hypothèses a permis de définir la chronologie opératoire.

Les différentes étapes de la production de farine ont été définies.

Caractérisation de la matière première : taux moyen de la matière sèche des parties de l’igname = 35 % ;

Préparation de l’igname au séchage :

- nettoyage-tranchage grossier : obtention de tranches de 4-5 cm d’épaisseur ;
- cuisson-refroidissement : détermination de la chronologie opératoire entre la cuisson et l’épluchage ;
- épluchage-tranchage fin : séparation de l’écorce de la pulpe ; obtention de tranches de 1 cm d’épaisseur sous forme de disque ou de semi-disque. Il est à remarquer (tableau I) que l’épluchage est deux fois plus rapide après qu’avant cuisson et que la perte de matière sèche est plus importante par un épluchage avant cuisson.

Séchage des tranches d’igname :

Le séchage est d’autant plus important qu’il sanctionne la réussite de la mise au point technologique. Plusieurs techniques ont été utilisées en fonction des sources de chaleur (tableau II). La durée du séchage est très importante car elle conditionne la qualité de la farine. Un séchage prolongé donne lieu à un produit noirâtre quel que soit le traitement réalisé (cuit ou non).

A partir des résultats obtenus, on déduit que, pour conserver la couleur jaunâtre de la farine, le séchage

doit se faire en enceinte protégée des rayonnements solaires. Cependant, l’altération de la couleur n’a d’effet que sur l’attraction visuelle.

Les produits obtenus à partir d’un séchoir au soleil sont parfois qualitativement bons (couleur blanche) si les conditions atmosphériques sont favorables.

En saison sèche et sans appoint de chaleur, il est difficile d’obtenir des cossettes séchées au soleil exemptes de moisissures et avec un taux d’humidité inférieur à 12 % dans la durée requise (4 jours).

Un four de séchage, un séchage solaire indirect ou un séchoir mixte (solaire avec appoint extérieur de chaleur) peut répondre au besoin du séchage de l’igname.

La serre dispose d’une plus grande capacité de séchage. Cependant, elle ne présente pas la meilleure vitesse de séchage. La qualité des cossettes qui en sortent est aléatoire.

Torréfaction des cossettes et détermination du barème de torréfaction :

La température de 45 à 55 °C ne suffit pas à détruire la microflore résiduelle et de manipulation après séchage susceptible de proliférer sur les cossettes, un traitement thermique supplémentaire est nécessaire.

En 10-15 minutes de torréfaction à la température comprise entre 80 et 100 °C, on obtient des taux d’humidité résiduels des cossettes d’igname variables (tableau III).

Broyage des cossettes torréfiées et contrôle du broyat :

Les cossettes torréfiées sont broyées au broyeur à marteaux. Les grilles utilisées ont des mailles de 0,5, 0,8 et 1 mm. Les rendements obtenus sont relativement stables (de 95 % à 97 %).

**Tableau I.** Détermination de la position de l’épluchage par rapport à la productivité et à la qualité du produit fini.

Epluchage	Débit (kg/h/unité MO)	Rendement (%)	Avantages	Inconvénients
Avant cuisson	8	81		<ul style="list-style-type: none"> <li>– perte de matière</li> <li>– épluchage moins aisé (à cause de la substance colloïdale)</li> <li>– farine blanchâtre, parfois sombre, oxydée</li> <li>– cossettes compactes et friables</li> <li>– durée de séchage prolongée</li> </ul>
Après cuisson	14	92	<ul style="list-style-type: none"> <li>– débit et rendement élevés</li> <li>– épluchage facilité et durée de séchage réduite</li> <li>– destruction de la substance colloïdale</li> <li>– conservation de la couleur originale de l’igname (farine jaunâtre ; bonne présentation)</li> <li>– oxydation de l’igname empêchée</li> </ul>	

La farine obtenue a une granulométrie < 0,5 mm et sert particulièrement à la préparation de la purée et des bouillies.

Conditionnement de la farine :

La farine est emballée sous film plastique transparent de 100 microns d'épaisseur thermoscellé et étiqueté. Le poids du produit emballé est de 300 g.

### Modélisation d'une micro-entreprise pilote de production de farine

Les caractéristiques techniques de la modélisation sont fournies dans le tableau IV.

Des taux de 35 à 38 %, voire de 40 %, peuvent être atteints si :

- on réduit les pertes à l'épluchage, à la torréfaction et au broyage ;
- on dispose d'une bonne matière première produisant moins de déchets.

Le rendement global de 35,05 % est obtenu sur la base des valeurs mises entre parenthèses.

### Structuration de la micro-entreprise pilote

#### TROIS HYPOTHÈSES DE TRAVAIL

Dans l'hypothèse 1, qui correspond à la situation actuelle, la micro-entreprise est située à la périphérie de la zone de consommation (Brazzaville). L'évalua-

tion doit tenir compte de la marge des grossistes et des détaillants (revendeurs), des frais de transport de la matière première, des coûts de distribution du produit fini.

Dans l'hypothèse 2, la micro-entreprise se trouve dans la zone de consommation (Brazzaville). Dans ce cas, les coûts de distribution du produit fini sont amoindris.

Dans l'hypothèse 3, la micro-entreprise est installée dans la zone de production de la matière première. Il n'y a ni marge des grossistes et détaillants, ni frais de transport de la matière première. Cependant, des coûts de transport et de distribution du produit fini sont à considérer. Cette situation présente l'avantage de transporter des produits peu volumineux donc moins encombrants, à grande valeur commerciale. C'est la situation souhaitée.

Le personnel nécessaire se compose d'un chef d'exploitation et de trois ouvriers — dont un à plein temps et deux à temps partiel — pour la préparation du produit au séchage.

Le financement en F cfa se décompose de la façon suivante :

- machines 1 200 000 ;
- équipements divers 900 000 ;
- fonds de roulement 500 000 ;
- total : 2 600 000.

Tableau II. Résultats moyens du séchage en fonction des séchoirs utilisés.

Caractéristiques	Types de séchoirs			
	Etuve	Four de séchage	Caisson de séchage	Serre de séchage (3 m x 12 m)
Source de chaleur	Electricité	Bois ou charbon	Rayonnement solaire	Rayonnement solaire
Température de séchage (°C)	45	45 à 55	30 à 60	30 à 70 (forte hygrométrie)
Durée de séchage (jours)	2	1,5 à 2	3 à 3,5	4 à 5
Surface de séchage (m <sup>2</sup> )	4,02 (5 claies)	4,68 (3 claies)	1,10 (1 claie)	18 (9 claies)
Capacité de séchage (kg de produit humide)	50	53	15	250
Taux d'humidité moyen des cossettes (%)	8,8	9,2	11	11,5
Taux d'humidité résiduel après torréfaction (%)	4,9	6,8	-	9
Barème : 80-100 °C pour 10 mn				
Contraintes, avantages et inconvénients	– coût élevé du matériel et de fonctionnement – constance de la température – non-retournement des cossettes – séchage rapide	coût de fonctionnement : 5 F/kg d'igname – non-retournement des cossettes – séchage rapide	– coût de fonctionnement nul – retournement des cossettes (travail supplémentaire) – moisissement précoce – décoloration <sup>(1)</sup>  – séchage lent	– coût de fonctionnement nul – retournement des cossettes – prolifération fongique au bout de 3 jours en faible insolation – séchage lent – décoloration
Aspect du produit fini	jaunâtre	jaunâtre	blanchâtre	blanchâtre

(1). Décoloration par transfert d'énergie : la lumière (rayonnement solaire) provoque des réactions photochimiques d'altération de la couleur, des pertes en vitamines, des photolyses d'acides aminés.

**Tableau III.** Taux d'humidité en fonction des séchoirs utilisés.

Types de séchoirs	Taux d'humidité moyen après séchage (%)	Taux d'humidité moyen après torréfaction (%)
Etuve	8,80	4,90
Four de séchage	9,20	6,80
Séchoirs solaires	11,50	9,00

**Tableau IV.** Caractéristiques techniques de la modélisation.

Caractéristiques					
Opérations	Débit	Durée	Rendement (%)	Unité de main d'œuvre (unité MO)	Observations
Nettoyage, tranchage grossier	66 kg/u.MO	1 h	96	1	-
			98	1,5	
Cuisson, refroidissement	capacité de 50 kg/charge	1 h 10 mn	99 (99)	1	cuiseur à dimensionner et à fabriquer
Epluchage, tranchage fin, étalage sur claies	14 kg/u.MO	1 h	91,5 (95)	1	-
Séchage	-	1,5 jour	40	2	
Four (40-55 °C)		4 jours	(40)	2	four à fabriquer et amélioration de ses capacités actuelles
Torréfaction (80-100 °C)	20 kg/charge	10 mn	95 (98)	1	torréfacteur à dimensionner et à fabriquer
Broyage	320 kg/h	-	95 (97)	1	broyeur à acheter ou à fabriquer
Conditionnement	55 à 60 sachets/h	-	100 (100)	1,5	doseur à fabriquer
Rendement global			31,39		

31,39 % est le rendement moyen de la transformation de l'igname. Celui du *foufou* (farine du manioc) est en deçà de cette valeur.

Le compte de résultat prévisionnel mensuel (tableau V) est établi sur la base de la transformation de 2 502 kg d'igname fraîche permettant d'obtenir 2 756 sachets de 300 g de farine.

En éliminant progressivement les marges des intermédiaires, le résultat net d'exploitation augmente.

L'hypothèse 3 est plus intéressante dans la mesure où l'on ne transporte que du produit fini dans les zones de consommation. Toutes les charges liées au transport des épluchures et à l'eau de constitution de l'igname sont éliminées.

## **Perspectives ou attentes**

Un schéma technologique de fabrication de la farine d'igname est défini. Il importe à présent de

l'optimiser en agissant notamment sur l'épluchage et le séchage qui sont des opérations importantes de la transformation.

Une micro-entreprise est créée après modélisation. Le suivi technico-économique en cours indiquera son degré de viabilité.

Le souhait est que des unités analogues voient le jour, de préférence dans les zones de grande production d'igname (hypothèse 3).

La farine d'igname, produit congolais nouveau, devrait bénéficier d'un support financier conséquent pour sa promotion à travers le pays (Brazzaville et principales agglomérations). Les quelques rares Brazzavillois qui l'ont vue et goûtée, l'ont adoptée. L'idéal est que ce produit parvienne très rapidement à la table d'un grand nombre de ménages.

Les modes de consommation de l'igname ne sont pas nombreux au Congo comparativement aux pays de

l'Afrique de l'Ouest. Il serait souhaitable de les diversifier par la création de produits nouveaux à grande valeur ajoutée (chips, galettes, couscous...).

Le manque de connaissance sur la culture et l'absence de statistiques sont des faits établis : matériel végétal non identifié, itinéraires techniques non maîtrisés, superficies cultivées et productions réalisées indéterminées, quantités autoconsommées et commercialisées inconnues... Il est souhaitable, voire indispensable, d'étudier et d'organiser la filière igname.

Les travaux de recherche doivent aussi d'être entrepris afin :

- d'obtenir des cultivars à haut rendement, résistants ou tolérants aux maladies et ennemis (nécrose foliaire, nématodes...) et présentant de bonnes qualités culinaires ;
- de mettre au point un système peu onéreux et fiable de production de semenceaux sains ;
- de mettre au point des techniques de conservation et de protection du matériel semencier et de la production (tubercules).

**Tableau V.** Variation du résultat net d'exploitation en fonction des prix d'achat de l'igname (F cfa).

Hypothèses de travail (Lieux de production)	Prix d'achat kg d'igname	Prix de revient kg d'igname	Prix de vente sachet de 300 g farine	Charges d'exploitation	Chiffre d'affaires	Résultat net d'exploitation (F cfa)
Périphérie de la zone de consommation	260	1 050	375	968 000	1 034 000	166 000
Zone de consommation	170	777	350	643 000	965 000	322 000
Zone de production de la M.P.	100	566	300	468 000	827 000	359 000

# Influence de l'amélioration du stockage de l'igname sur les qualités organoleptiques

C. NINDJIN<sup>1, 2</sup>, D. OTOKORE<sup>2</sup>, O. GIRARDIN<sup>1, 3</sup>, P. ZOUNGRANA<sup>4</sup>, Z. FARAH<sup>3</sup>

1. Centre suisse de recherches scientifiques, 01 BP 1303, Abidjan 01, Côte d'Ivoire

2. Département de biochimie, faculté des sciences et techniques de Côte d'Ivoire, université de Cocody, 22 BP V 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

3. Department of Agriculture and Food Science, Swiss Federal Institute of Technology, ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich, Switzerland

4. Faculté des sciences économiques et de gestion, université de Cocody, BP V 43, Abidjan, Côte d'Ivoire

## Introduction

L'igname est un aliment important en Afrique de l'Ouest, notamment en Côte d'Ivoire où, avec une production d'environ 2 800 000 t (MINAGRA, 1992), elle constitue la base de l'alimentation d'une grande partie de la population. Cependant, la conservation de l'igname de manière traditionnelle, occasionne des pertes importantes, estimées à 50 % ou plus, 6 mois après la récolte (COURSEY, 1976).

Des techniques modernes telles que l'irradiation ionisante ou la conservation à des températures abaissées jusqu'à 15 °C ont été testées (ADEYUSI, 1978). Bien que ces méthodes soient concluantes, leur application reste peu probable. Il est actuellement nécessaire d'orienter les recherches vers des méthodes de conservation accessibles au monde paysan. Cela exige des méthodes de conservation économiquement rentables, élaborées avec la coopération active des paysans et fournissant des ignames de qualités organoleptiques acceptables. A cet effet, des essais de conservation des ignames en fosses et en hangars, deux techniques s'inspirant de systèmes traditionnels du nord et du centre de la Côte d'Ivoire (KONE, 1983), ont été effectués en comparaison avec un stockage sur claie utilisé localement. L'égermage régulier des tubercules ainsi que l'application des traitements antiparasitaires et à l'acide gibbérellique ont également été étudiés. Les résultats obtenus sur la base des essais de conservation indiquent que ces

méthodes améliorées permettent de réduire de façon significative les pertes enregistrées avec les techniques traditionnelles (GIRARDIN et NINDJIN, 1996).

Les travaux de la présente étude ont consisté à tester auprès des paysans les résultats obtenus lors des essais de conservation s'inspirant des techniques traditionnelles et à analyser les influences de ces modifications sur les qualités sensorielles des tubercules d'igname.

## Partie expérimentale

Les essais de stockage ont été réalisés dans deux villages de la région de Toumodi, situés à environ 200 km au nord d'Abidjan. Les variétés (*D. cayensis-rotundata*) et (*D. alata*) ont été utilisées eu égard à leur importance et leur disponibilité dans la région.

Seul le hangar a été comparé à la claie. La fosse et le traitement antiparasitaire au fongicide ont présenté moins d'avantages (GIRARDIN, 1996). Un égermage toutes les deux semaines et un traitement insecticide à base de deltaméthrine à 25 mg/kg ainsi qu'un traitement à l'acide gibbérellique à 150 mg/kg, ont été réalisés.

Les analyses organoleptiques effectuées ont été les tests d'acceptation et de préférence ainsi que des



mesures sensorielles selon la méthode QDA (ZOOK et PEARCE, 1988). Les dégustateurs des deux premiers tests étaient constitués de paysans qui n'ont pas subi d'entraînement particulier. Ceux ayant pris part à la QDA dont l'effectif était de 13 ont subi un entraînement qui a permis de dresser une série de descripteurs organoleptiques en langue baoulé (HAUSER, 1993). Ces termes baoulé ont été traduits en français et adaptés au lexique de Drake (1987). Les tubercules ont été consommés sous forme de *foutou*. Ce dernier est une pâte obtenue après pilage des morceaux de tubercules bouillis.

## Résultats et discussion

Après 5 mois de conservation de la variété Krenglè, le hangar a permis de réduire de 3 % les pertes de masse des tubercules stockés traditionnellement. Chez la variété Bètè bètè, cette faible influence du hangar a également été observée (4 %).

L'insecticide réduit faiblement les pertes de masse de Bètè bètè de 4,5 % après 6,5 mois de stockage (GIRARDIN, 1996). Ce traitement a pu toutefois contrôler la contamination par les cochenilles (40 % en moins de tubercules attaqués).

L'égermage et le traitement à l'acide gibbérellique sont les techniques de conservation qui ont eu le plus d'effets sur le contrôle des pertes de masse des tuber-

cules d'igname. Après cinq mois de stockage de la variété Krenglè sur claie, les qualités gustatives des *foutou* de tubercules égermés et non égermés sont acceptées de façon significative (tableau I). En terme de préférence, les *foutou* de tubercules égermés ont été plus appréciés que ceux du contrôle ( $p < 0,05$ ) (tableau II). Les paysans ont jugé les *foutou* de tubercules non égermés beaucoup trop fermes et caoutchouteux après une conservation jusqu'en mai. Ceux des tubercules égermés n'étaient pas trop fermes et donc plus appréciés. Ces résultats ont également été observés dans des profils sensoriels (figure 1). Chez Bètè bètè, l'égermage n'est pas accepté (tableau I). Les paysans ont trouvé que les *foutou* des tubercules égermés étaient mous, ils sont, de ce fait, peu appréciés (tableau II).

**Tableau I.** Influence de l'égermage sur l'acceptation du *foutou* d'igname.

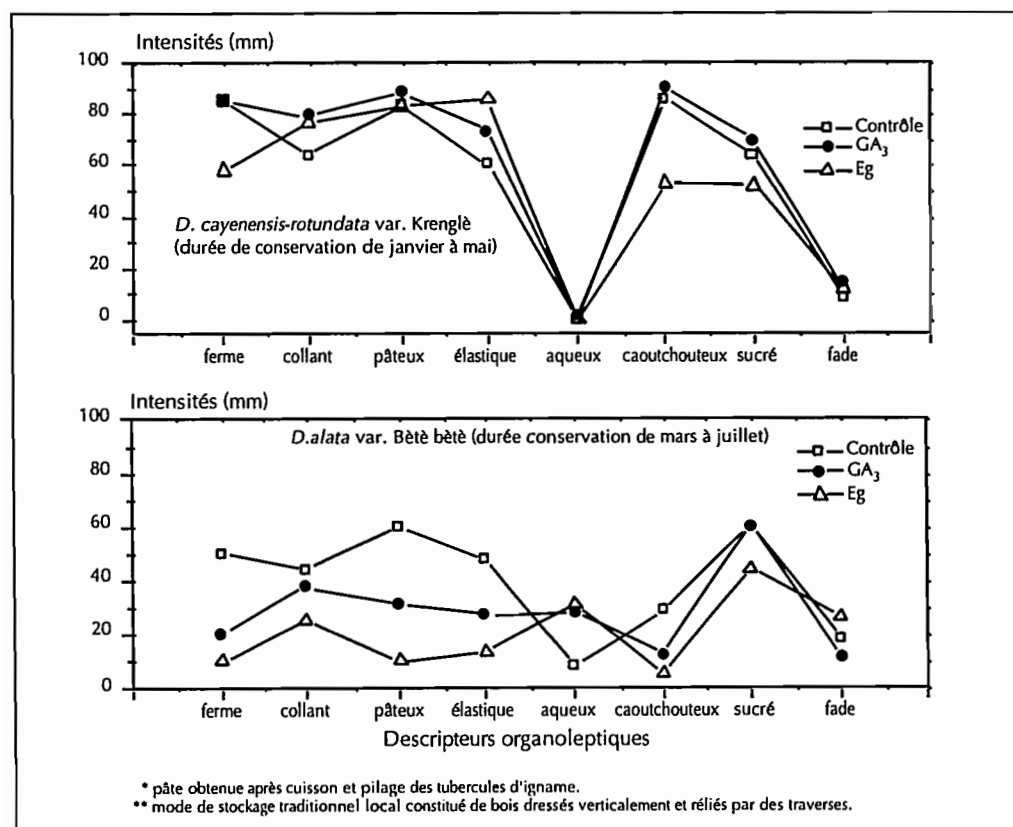
Variété	Période de stockage	Jury	C	Eg
Krenglè	janvier-mai	30	77 %* $p < 0,001$	90 % $p < 0,001$
Bètè bètè	mars-juillet	27	93 % $p < 0,001$	56 % ns

C : contrôle

Eg : égermage

ns : non significatif

\* : fréquence d'acceptation



**Tableau II.** Influence de l'égermeage sur la préférence du *foutou* d'igname.

Variétés	Période de stockage	Jury	C	Eg	Ecart de signification**
Krenglè	janvier-mai	30	88*	63	p < 0,05 (65-85)
Bètè bètè	mars-juillet	27	29	40	p < 0,01 (36-45)
			+	-	

C : contrôle

GA3 : acide gibbérellique

\* : somme des rangs

\*\* : la variante dont la somme des rangs est au-dessous de cet intervalle est préférée (+) (KAHAN *et al.*, 1973)

Les qualités organoleptiques des tubercules égermés se différencient de celles du contrôle (figure 1). Les propriétés sensorielles de ce dernier s'améliorent avec la durée de conservation.

Concernant l'acide gibbérellique, il a été observé que les *foutou* des tubercules de Krenglè traités avec cette hormone, sont acceptés (tableau II) et moins appréciés (tableau IV). Cette différence de préférence du *foutou* de tubercules traités au GA3 avec le contrôle, n'apparaît pas dans les propriétés organoleptiques (figure 1). Chez la variété Bètè bètè, l'acide gibbérellique est accepté par les paysans (tableau III) mais est moins apprécié (tableau IV). Comparativement au profil organoleptique des *foutou* de tubercules égermés, celui des *foutou* de tubercules traités à l'acide gibbérellique se rapprochent plus des caractéristiques sensorielles du contrôle (figure 1). En effet, après une conservation jusqu'en juillet, les tubercules traités à l'acide gibbérellique ont germé. La germination de ces tubercules s'effectuant sans interruption a certainement contribué à rapprocher le profil organoleptique de leur *foutou* de celui du contrôle.

## Conclusion

La suppression régulière des germes permet de réduire de façon appréciable les pertes de masse des ignames. L'application de cette technique est simple et exige peu d'efforts physiques. En outre, pour Krenglè, l'égermage améliore la qualité gustative du *foutou*. Cette technique apparaît très avantageuse pour la variété Krenglè. Concernant la variété Bètè bètè, l'égermage contribue à maintenir l'état frais de

**Tableau III.** Influence du traitement à l'acide gibbérellique sur l'acceptation du *foutou* d'igname.

Variété	Période de stockage	Jury	C	GA3
Krenglè	janvier-mai	38	82 % (p < 0,001)	63 % (p < 0,05)
Bètè bètè	mars-juillet	32	94 % (p < 0,001)	75 % (p < 0,01)

la récolte et cela n'est pas apprécié par les consommateurs.

Chez les deux variétés étudiées, l'influence de l'acide gibbérellique est acceptée sur le plan gustatif mais est moins appréciée que le contrôle. Cependant, son effet très significatif sur la réduction des pertes de masse des tubercules pourrait constituer un atout important, notamment pour la commercialisation.

Le traitement insecticide, bien qu'ayant moins d'influence sur les pertes de masse des tubercules sains à la récolte, améliore la qualité sanitaire des tubercules par le contrôle des cochenilles.

Des recherches complémentaires sont en cours en vue de développer une stratégie de transfert de technologie qui soit réaliste et économiquement faisable pour le paysan.

**Tableau IV.** Influence du traitement à l'acide gibbérellique sur la préférence du *foutou* d'igname.

Variétés	Période de stockage	Jury	C	GA3	Ecart de signification
Krenglè	janvier-mai	38	81	121	p < 0,01 (79-111)
			+	-	
Bètè bètè	mars-juillet	32	34	46	p < 0,01 (41-55)
			+	-	

## Références bibliographiques

- S.A. ADESUYI, 1978. The application of advanced technology to the improvement of yam storage. *In* Yams, ignames. Miège J. and Lyonga S. N. Eds, Oxford, Royaume Uni, Clarendon Press, p. 312-319.
- D.G. COURSEY, 1976. Some culture-historical determinants of Tropical agricultural research priorities. *Trop. Root and Tuber Crops Newslet.*, n° 9, 4-12.
- B. DRAKE, 1987. Sensory Textural/Rheological Properties-a polyglot List. *J. Texture Studies*. 20: 1-27.
- G.O.I. EZEIKE, 1985. Experimental analysis of yam (*Dioscorea* spp) tuber stability in tropical storages. *Transactions of the ASEA*, 28, 1641-1645.
- O. GIRARDIN, 1996. Technologie après-récolte de l'igname : étude de l'amélioration du stockage traditionnel en Côte d'Ivoire. PhD thesis, Ecole polytechnique fédérale de Zurich, thèse n° 11710.
- O. GIRARDIN, C. NINDJIN, 1996. Amélioration de la conservation de l'igname en milieu villageois. *Sempervira* n° 5. Centre suisse de recherches scientifiques de Côte d'Ivoire.
- S. HAUSER, 1993. Analyses sensorielles des produits d'igname. Travail de diplôme. Institut pour la technologie alimentaire de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich.
- L. KONE, 1983. Méthodes traditionnelles de conservation de l'igname en Côte d'Ivoire. Séminaire sur l'igname 2-5 novembre 1983. Ecole nationale supérieure agronomique d'Abidjan (Ensaa), Côte d'Ivoire.
- MINAGRA, 1992. Annuaire des statistiques agricoles. Côte d'Ivoire (non publié).
- KL ZOOK, JH PEARCE, 1988. *In* Moskowitz H (Hrsg) 1988. Applied sensory analysis of foods. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. Vol. 1, chap. 3.

# **C**omparaison d'une technique améliorée de conservation de l'igname (*Dioscorea cayenensis- rotundata*) avec la technique traditionnelle en zone de savane humide au Togo

K. E. N'KPENU

Incv (Institut national des cultures vivrières), BP 2318, Lomé, Togo

La fin de la récolte des ignames se situe en Afrique de l'Ouest en janvier-février, période pendant laquelle les tubercules arrivent à maturité physiologique complète. La récolte commence en juillet pour les variétés précoces. L'igname est ainsi disponible pendant huit mois au cours de l'année.

Il faut donc la stocker au moins pendant quatre mois (de mars à juin) pour en disposer toute l'année. Les tubercules d'igname sont malheureusement des denrées très périssables qui subissent d'importants dommages dus à des phénomènes physiologiques et à l'action des microorganismes.

Des essais menés au Togo dans le cadre d'un projet FAO (1986) ont montré qu'on enregistre une perte de 40 % pour les cultivars précoces (qu'on peut sevrer), 30 % pour les cultivars tardifs de l'espèce *Dioscorea cayenensis-rotundata* et 20 % pour les cultivars de *Dioscorea alata*.

RAWNSLEY (1969) a estimé à 15 % la perte totale de la production de l'igname en Afrique de l'Ouest. BABACAUH (1983) a évalué les pertes dans les magasins de stockage d'igname à Abidjan à 50 % en deux mois.

Afin de réduire les pertes lors de la conservation, des produits chimiques comme le thiabendazole et le bénomyl, qui ont prouvé leur efficacité ailleurs, ont été essayés au Togo avec succès. Cependant, leur utilisation par les producteurs est difficile en raison du coût des produits et de l'importance des besoins en

eau pour la préparation de bouillies pour de grandes quantités de tubercules.

Afin de proposer une solution plus accessible aux producteurs, des essais comparatifs ont été conduits, en milieu réel, entre la technique traditionnelle et une technique améliorée de conservation sous abri après traitement des tubercules au *curing*.

## **M**atériel et méthodes

### **Localisation des points d'essai**

Les cinq villages (Seibou-Kopé, Adibo, Adogbénou, Zolou et Asante), choisis dans les préfectures de l'Ogou et de l'Est-Mono, sont situés en savane humide entre 7° 15' et 8° de latitude nord et entre 1° et 1° 30' de longitude est dans la zone de production de l'igname.

### **Matériel végétal**

Le cultivar semi-tardif Kratsi a été retenu parce qu'il est très répandu chez les exploitants. Dans chaque site, 345 à 615 kg de tubercule ont été réservés pour l'évaluation des méthodes de conservation. Les tubercules de 1,5 à 3,5 kg ont été répartis en trois parties égales.

## Méthode de conservation

Dans chacun des sites, la méthode de conservation de l'agriculteur a été comparée à la méthode proposée par la recherche.

### Méthode de stockage de l'agriculteur

Les agriculteurs ont conservé les tubercules mis à leur disposition selon deux méthodes :

- à Seibou-Kopé, Adibo, Adogbénou et Zolou, les tubercules sont mis en tas à même le sol sous un arbre et recouverts de lianes d'igname ;
- à Asante, les tubercules sont stockés à même le sol dans un abri conique en chaume de sorgho.

La méthode pratiquée par le paysan constitue le témoin (T1).

### Méthode de stockage améliorée

#### TRAITEMENT DES TUBERCULES AU CURING

L'exposition des racines et des tubercules à de fortes température et humidité relative pendant une courte période provoque la formation de subérine sur les parties blessées, suivie par le développement d'un périderme. Ce processus est appelé *curing* et la couche protectrice qui se développe empêche des infections ultérieures par les microbes.

Le *curing* consiste à entasser les tubercules d'igname à même le sol. On couvre le tas d'une couche de paille sèche (graminées ou cypéracées) de 15 cm d'épaisseur. Ensuite le tas est recouvert d'une bâche en toile ou de sacs de jute (32 à 50) superposés pour un lot de 115 à 190 kg. On dispose des cailloux ou des morceaux de bois sur le tas pour assurer l'étanchéité. Les tubercules sont gardés dans cette atmosphère pendant 4 j.

Deux lots de tubercules sont traités au *curing*, dont un avec des sacs de jute (T2) et le second avec une bâche en toile (T3).

#### STOCKAGE SUR ÉTAGÈRE

Les lots de tubercules traités par *curing* sont stockés sur une étagère de 60 cm de haut sous un abri de 4 m de long, 3 m de large et 1,80 m de haut.

Trois observations ont été effectuées pour évaluer le taux de germination et le taux de pourriture au cours de la période de stockage de février à juin 1990.

## Résultats et discussions

L'hygrométrie pendant la période du *curing* fluctue entre 74 et 90 % et la température entre 25 et 32 °C.

Les résultats de la variété d'igname kratsi sur 5 sites après 5 mois de conservation (de février à juin) sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Les pertes par pourriture sur les tubercules stockés selon la méthode traditionnelle se sont élevées à 16,2 % alors qu'elles n'ont été que de 8,5 % pour les tubercules conservés selon la technique du *curing*. Les pertes par germination sont sensiblement équivalentes selon la méthode traditionnelle (13,1 %) et la méthode améliorée (11 %).

La méthode de conservation sur étagère sous abri en toit de paille après traitement des tubercules au *curing* a permis de réduire les pertes par pourriture de moitié.

Ce résultat confirme celui de OGUNDANA *et al.*, 1970 pour qui les microbes entrent dans l'igname par les blessures. PASSAM *et al.* (1976a ; 1976b) et NOON (1976) ont rapporté que la subérisation des parties blessées du tubercule réduit les pertes par pourritures.

Pour évaluer l'efficacité de cette nouvelle méthode, 1 t d'igname de la même variété kratsi a été

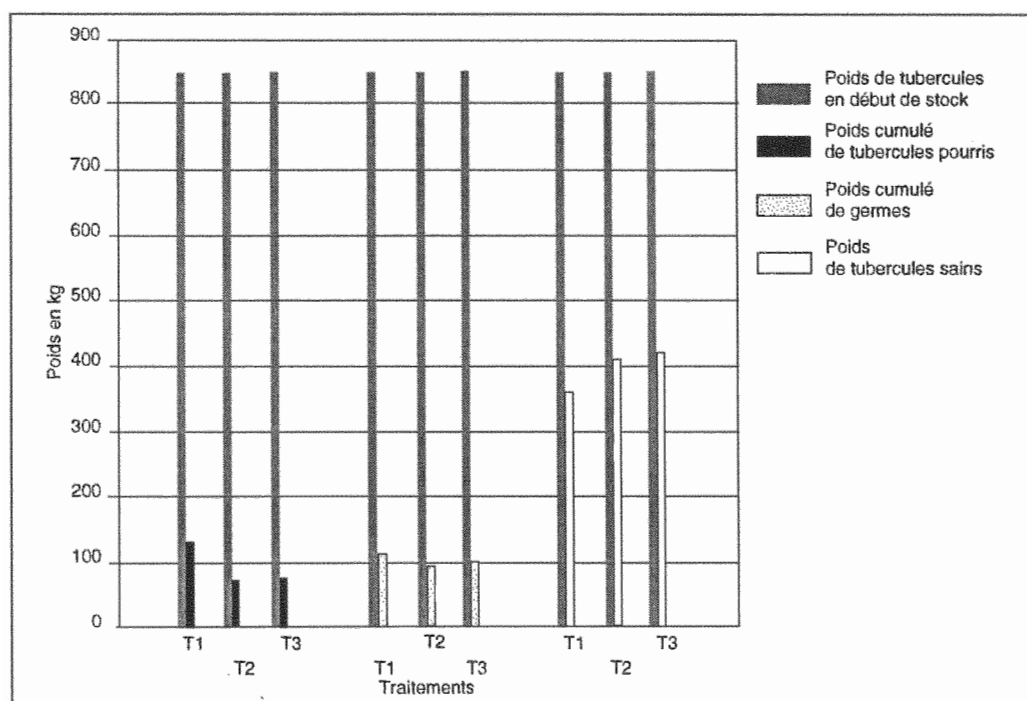
**Tableau 1.** Résultats de la variété d'igname kratsi sur 5 sites après 5 mois de conservation (de février à juin).

Situation des tubercules en conservation	Traitement	Début de conservation	Fin de conservation	Perte de poids/début de conservation en %
Poids cumulé des tubercules pourris en kg	T1	0	138,25	16,2
	T2	0	72,62	8,8
	T3	0	73,62	8,2
Poids cumulé des germes en kg	T1	0	111,4	13,1
	T2	0	92,1	10,6
	T3	0	96,65	11,2
Poids des tubercules sains en kg	T1	845	360	46
	T2	845	401,57	49,6
	T3	845	413,35	50

T1 : conservation traditionnelle

T2 : conservation sur étagère après *curing* avec sacs de jute

T3 : conservation sur étagère après *curing* avec bâche en toile



**Figure 1.** Comparaison du poids des tubercules pourris, germés et sains après conservation.

conservée pendant cinq mois. Seulement 2 % de perte par pourriture ont été enregistrés.

Les producteurs avec lesquels cet essai a été conduit ont pu apprécier la différence entre les deux méthodes en comparant les tubercules sains et leur qualité culinaire après pilage. Les tubercules provenant de la méthode améliorée ont donné un *foufou* (igname pilé) de très bonne qualité.

## Conclusion

La méthode améliorée de conservation des tubercules sur étagère sous abri après *curing* a réduit les pertes par pourriture mais elle n'a pas eu d'influence sur la germination. Il existe peu de différence entre la technique du *curing* avec une bâche en toile ou avec des sacs de jute.

Malgré ces bons résultats, les producteurs hésitent à appliquer cette méthode compte tenu du nombre de sacs de jute nécessaires pour traiter une grande quantité d'ignames (plus de 10 t) par *curing*. Les travaux doivent s'orienter vers la recherche d'une méthode de *curing* efficace ne nécessitant pas l'utilisation de bâche en toile ou de sacs de jute jugés difficiles à acquérir par les paysans.

## Références bibliographiques

BABACAUH K.D., 1983. La microflore pathogène des tubercules d'igname. Séminaire sur l'igname. Ensa-Abidjan, Côte d'Ivoire.

DEGRAS L., 1986. L'igname, plante à tubercule tropicale. Techniques Agricoles et Productions Tropicales, Acct 13, 408 p.

ANON, 1986. Rapport terminal du projet Fao/Ag-Pfl/Togo 04. Amélioration du stockage des ignames au Togo. Fao, Rome, Italie, 25 p.

KAKABOU B., 1991. Contribution à l'étude des méthodes traditionnelles de conservation des ignames. Mémoire. Incv, Lomé, Togo, 115 p.

NOON R.A., 1978. Storage and market diseases of yams. Tropical Science 3 : 177-188.

N'KPENU K.E., 1985. Méthodes de multiplication rapide et de conservation de l'igname. Rapport de titularisation. Incv, Lomé, Togo, 39 p.

N'KPENU K. E., TETEV K., 1995. L'igname : technique de production et de conservation 4<sup>e</sup> éd. Incv, Lomé, Togo, 47 p.

OGUNDANA S.K., NAQVI S.H.Z., EKUNDAYO J.A., 1970. Fungi associated with soft rot of yams *Dioscorea* spp. in Nigeria Trans. Jr. Mycol. Soc. 54 : 445-451.

PASSAM H.C., REED S.J., RICHARD J.E., 1976a. Wound repair in yam tubers : physiological processes during repair. New Phytol. 325-331.

PASSAM H.C., REED S.J., RICHARD J.E., 1976b. Wound repair in yams tubers: the dependence of storage procedures on the nature of the wound and its repair. Trop. Sci. 18 : 1-11.

RAWNSLEY J., 1969. Crop Storage. Tech. Rep. Food Res. Dev. Unit, Accra, Ghana. Fao, Rome, Italie, 89 p.





# Budgets de cultures dans un bassin de production d'igname, le cas de Dikodougou, au nord de la Côte d'Ivoire

I. J. STESENS

Idessa, 01 BP 635, Bouaké, Côte d'Ivoire

La zone de Dikodougou est un bassin de production d'igname, situé en savane sub-soudanaise, au nord de la Côte d'Ivoire (8,63°-9,35° de latitude et 6°-6,50° de longitude). L'igname constitue la base de la nourriture traditionnelle préférée par 81 % de la population. La zone est également propice à plusieurs autres cultures : les agriculteurs ont donc le choix dans l'allocation de leurs ressources. Cette région est caractérisée par une agriculture dynamique et une migration intense à la recherche de terres vierges. Aujourd'hui, la culture d'igname se heurte à des difficultés en raison de sa forte consommation en ressources naturelles.

L'igname, presque toujours en tête d'assolement, est suivie par le riz pluvial. Ces deux cultures avec le coton couvrent à elles seules 75 % de la superficie cultivée dans cette partie du pays.

## Matériel et méthodes d'élaboration des budgets

### La collecte des données

Les données de la production, les consommations intermédiaires et les prix de vente ont été collectés pendant la campagne 1995-1996.

## Méthodes de calcul

La valorisation de la journée de travail est l'indicateur le plus approprié pour évaluer la rentabilité des différentes cultures, compte tenu de la relative abondance des terres et de la faible disponibilité de la main-d'œuvre. Elle est le résultat de la valeur de production diminuée des consommations intermédiaires et des coûts d'opportunité de la main-d'œuvre familiale, divisée par le nombre de jours de travail. Les calculs ont été faits selon l'hypothèse que le coût d'opportunité de la main-d'œuvre familiale est égal à zéro.

## Résultats et discussion

La valeur de production de toutes les cultures confondues est de 170 000 F cfa/ha. Cette valeur varie fortement d'une parcelle à l'autre et d'une culture à l'autre.

Le taux d'utilisation des consommations intermédiaires est faible. Les engrais Npk et urée sont utilisés sur les parcelles de coton et sporadiquement sur les parcelles de riz pluvial et de maïs. Moins de 10 % de la totalité des parcelles en reçoivent. Les insecticides sont limités aux parcelles de coton. Rares sont les parcelles traitées avec l'herbicide. La main-d'œuvre salariée est utilisée sur un tiers des champs mais elle représente une faible part des coûts totaux. Du résumé précédent, il résulte qu'une valeur ajoutée brute de 144 000 F cfa par hectare ou une

rémunération de la journée de travail brute de 1 180 f cfa est dégagée.

D'après le tableau ci-après, l'association riz pluvial-maïs est la plus rémunératrice. Les rémunérations de la culture de riz de bas-fond et la culture pure de maïs ne se distinguent pas de la première. Seulement une petite partie des bas-fonds est aménagée dans la région d'étude, ce qui limite l'expansion de cette culture. Le maïs n'est pas une nourriture traditionnelle dans la zone d'étude, ce sont principalement les étrangers qui le cultivent.

La différence de rémunération des variétés d'igname dépend principalement du prix de vente, les rendements ne sont pas significativement différents (+ 7 500 kg/ha). Les prix de *Krenglè* (*Dioscorea cayenensis rotundata*) sont 2 à 5 fois plus élevés selon la période de vente que les prix de *Bètè bètè* et *Florida* (*Dioscorea alata*).

Le rendement de la culture d'arachide, principale culture des femmes, est très variable. L'entretien des parcelles dépend de l'état des travaux sur les parcelles des hommes. La culture de riz pluvial pure est rare et elle est concentrée dans le nord dans la zone d'étude. Plusieurs parcelles ont connu de faibles rendements à cause d'une période sèche après le semis.

L'encadrement complet de la culture de coton avec un volet de crédit et une commercialisation garantie (deux facteurs principaux limitant la production vivrière) ne constituent pas les conditions suffisantes à une bonne rémunération de la journée de travail. Leur importance relative dans l'utilisation des intrants et la rigidité de l'entretien ont fait échouer plusieurs parcelles. Seules les grandes exploitations avec une

main-d'œuvre familiale importante et un niveau de gestion élevé sont capables d'en tirer des bénéfices.

## Conclusion

Les exploitations qui n'ont plus accès aux terres vierges et qui n'ont pas suffisamment de main-d'œuvre, abandonnent de plus en plus l'igname en faveur du riz pluvial et du maïs. Ces cultures peuvent générer des marges financières plus importantes mais elles sont en même temps plus vulnérables aux aléas climatiques. L'échec de plus de la moitié des parcelles de riz pluvial dans le nord de la zone en témoigne. La culture de coton qui ne se justifie que par la présence d'un encadrement, reste, malgré ses faibles rémunérations, indispensable pour les exploitations du Nord, faute de structures indépendantes et performantes de financement et d'approvisionnement en intrants.

L'igname continue d'avoir une place prépondérante dans le système de production pour deux raisons principales : son importance comme nourriture de base (les variétés *Bètè bètè* et *Florida* sont principalement destinées à la consommation, la variété *Krenglè*, outre la consommation, vise surtout la commercialisation) et sa plus grande stabilité de rendements par rapport aux céréales. Cependant, pour que la culture conserve son importance dans le système de production, il importe que les systèmes de culture soient moins destructeurs car le système actuel survit grâce à l'existence de terres inexploitées.

**Tableau 1.** La production, la valeur de production et la valeur ajoutée brute des différentes cultures de la zone de Dikodougou.

	Production/ha	Valeur de production (F cfa/ha)	Valeur ajoutée brute par journée de travail (F cfa/ha)	Duncans multiple comparisons test (p = 0,10)
Riz pluvial-maïs		236 580	2 286	a
(Riz pluvial)	1 875	187 500		
(Maïs)	818	49 080		
Riz de bas-fond	3 184	318 400	1 913	a b
Maïs	3 338	183 641	1 752	a b c
<i>Krenglè</i>	7 937	317 480	1 336	b c
Arachide	965	136 141	1 095	c d
<i>Bètè bètè</i>	7 506	150 120	571	d e
<i>Florida</i>	7 348	110 220	567	d e
Riz pluvial	488	48 795	356	e
Coton	693	117 810	293	e

Source : données d'enquêtes.

## Synthèse de la session IV. Le produit

D. GRIFFON

La session consacrée au produit (aux produits devrions-nous dire) a été articulée autour de sept communications qui ont concerné :

- le stockage traditionnel des ignames ;
- la consommation alimentaire ;
- la transformation ;
- la valeur nutritionnelle ;
- la commercialisation ;
- les utilisations pharmaceutiques ;
- les utilisations en alimentation animale.

La communication relative aux utilisations industrielles n'a pas été présentée. Quelques éléments portant sur les propriétés fonctionnelles des amidons d'igname ont toutefois été présentés lors de la discussion qui a été fort vive.

Ces différentes interventions ont permis de mesurer l'intérêt d'une approche globale du système après récolte des ignames et de l'impérieuse nécessité d'intégrer dans cette approche les préoccupations variées des producteurs, des transformateurs, des commerçants et des utilisateurs finaux.

Dans une brève introduction, j'ai souligné combien la grande signification culturelle de l'igname, couplée à l'exigence croissante des consommateurs et des marchés apparaissaient comme essentielles dans le devenir de cette culture alimentaire et combien, à cette fin, les efforts de recherche et d'analyse sur la matière première, sa conservation, sa transformation et sa mise en marché devaient être amplifiés.

Et c'est en effet en termes de besoin de recherches complémentaires sur les sujets qu'ils ont traités que les différents orateurs de cette session ont conclu leur présentation.

La première communication, présentée par monsieur Girardin, a porté sur le besoin de stockage des ignames sur des périodes longues de l'ordre de huit mois et sur les pertes nombreuses et variées qui y étaient associées. Il a tout particulièrement insisté sur l'appropriation des méthodes de stockage et sur leur accessibilité réelle dans les zones de production.

L'irradiation ou les techniques de conservation à basses températures se sont révélés inappropriés ou financièrement inaccessibles.

Son exposé a donc surtout porté sur les méthodes traditionnelles et il a présenté un tableau comparatif des avantages et des inconvénients de ces méthodes en concluant par des recommandations sur les besoins de recherche dans ce domaine, en particulier sur trois points :

- les contrôles des pertes physiologiques lors du stockage ;
- le contrôle de la germination des tubercules avec, par exemple, l'emploi de l'acide gibbérellique ;
- les méthodes de lutte intégrée contre les ravageurs en citant l'exemple de l'utilisation traditionnelle des fourmis dans la lutte contre la cochenille.

Dans son intervention consacrée à la consommation alimentaire des ignames, Nicolas Bricas a insisté sur :

- l'identité géo-culturelle des ignames ;
- l'attachement des consommateurs à ses différents produits.

Il a souligné l'élargissement de la consommation d'igname à des populations non traditionnellement attachées à cette culture et y a donc vu une voie possible de diversification des utilisations. Il a toutefois insisté sur la difficulté à développer une approche marketing des produits nouveaux à base d'igname.

Cependant, l'intérêt de la diversification des produits, pour mieux répondre aux attentes des marchés et des consommateurs l'a incité à souligner les besoins d'accroître les connaissances sur les propriétés fonctionnelles des produits, sur leur caractérisation et sur leurs aptitudes à la conservation, à la transformation et à la préparation de différentes recettes culinaires.

Pour illustrer les possibilités de la diversification et l'appuyer sur l'indispensable savoir-faire traditionnel, il a présenté le cas des cossettes d'igname qui offrent de réelles innovations potentielles, même si, pour les préparations de farines d'igname à partir de ces cossettes, des contraintes, par exemple de coloration, peuvent apparaître limitantes.

La communication suivante, présentée par mademoiselle Attaïe, a porté sur les procédés de transformation pour lesquels elle a distingué les procédés traditionnels et les procédés semi-industriels.

Mademoiselle Attaïe a présenté une rapide synthèse bibliographique des procédés utilisés pour la transformation.

Elle a beaucoup insisté sur la faiblesse des acquis de la recherche dans ce domaine expliquant que l'on peut y voir une des raisons des échecs enregistrés pour tel ou tel produit nouveau à base d'ignames.

Les recherches sur les besoins des marchés nous a-t-elle dit doivent précéder celles sur l'amélioration des systèmes techniques mis en œuvre. Mais des travaux sur les méthodes de conservation et de transformation sont à multiplier. Elle a évoqué par exemple l'absence complète des recherches sur les produits fermentés à base d'igname. La fermentation constituant pourtant un mode de stabilisation et de conservation des produits largement utilisé pour d'autres produits amylacés comme le manioc.

Serge Trèche a présenté une communication sur la valeur nutritionnelle des ignames en soulignant la grande variabilité inter et intra spécifique des espèces. Des écarts importants existent en effet en fonction des différentes espèces et des facteurs environnementaux de leur production et ces écarts portent autant sur les caractéristiques organoleptiques des produits que sur leur composition en nutriments ou sur leur biodisponibilité ainsi que sur la présence ou non de substances toxiques.

Des recherches sur la sélection variétale sont donc importantes à poursuivre a-t-il ajouté.

Globalement, toutefois, Serge Trèche a situé la valeur nutritive des ignames comme étant supérieure à celle des autres racines et tubercules tropicaux et tout à fait comparables à celle des céréales.

Bien que soulignant la faible digestibilité et donc une efficacité nutritionnelle réduite, Serge Trèche a conclu sur l'intérêt de ce produit et a montré des pistes intéressantes sur le plan nutritionnel, notam-

ment pour l'alimentation infantile en passant par un stade de transformation de l'igname en farine qui autorise des suppléments et permet des formulations et des modes nouveaux de préparation culinaire.

La communication suivante de monsieur Doumbia a porté sur la commercialisation des ignames en Côte d'Ivoire.

Son exposé a illustré la grande variation de l'offre saisonnière en fonction des variétés et des espèces et la forte spécialisation des productions régionales conduisant à des flux commerciaux entre ces régions.

Il a présenté également les variations des prix liés à cette saisonnalité et à la spécialisation régionale.

Il a insisté sur la nécessité de conduire des observations commerciales pour bien comprendre les déterminants agro-écologiques et socio-culturels de la commercialisation.

Tout en indiquant la faiblesse des transactions monétaires liées à cette culture, il a souligné la mutation des marchés vers les variétés cayennaises, indiquant que 2/3 de la commercialisation des ignames concernent cette espèce alors qu'en termes de production de l'espèce *alata* est dominante avec un ratio 2/3 inversé.

Monsieur Doumbia a conclu par un besoin essentiel de recherche sur la conservation des ignames pour assurer une meilleure régulation des prix des marchés.

La communication de monsieur Ake Assi nous a entraînés vers les utilisations médicinales et pharmaceutiques des ignames. Sa synthèse des remèdes et recettes observées sur tous les continents témoigne de la grande variété des utilisations de l'igname en médecine traditionnelle.

Allant du traitement des accès fébriles à celui des abcès, en passant par des préparations antivenin ou au contraire à celles des poisons pour les flèches, cet inventaire rapide des traitements à base d'igname a montré qu'aussi bien aux Antilles qu'aux Indes, au Brésil qu'au Gabon ou qu'au Congo les savoirs ancestraux ont décelé des vertus toutes particulières aux diverses variétés et espèces d'ignames.

Un échange intercontinental des savoirs mérite sans doute attention et intérêt.

Monsieur Ake Assi a souligné que sa propre expérience ne portait finalement que sur une dizaine d'espèces, en Côte d'Ivoire, alors qu'il existe quelques 600 espèces d'ignames recensées dans le monde.

La dernière intervention, de monsieur Christon, a concerné les utilisations des ignames en alimentation animale.

Sa communication sous forme de synthèse bibliographique a souligné la faiblesse des travaux dans ce

domaine, hormis ceux liés à la structuration et à la composition chimique des produits et qui intéresse tout autant la consommation humaine que l'alimentation animale.

Il a donc confirmé de nombreux points déjà évoqués lors de l'intervention de monsieur Trèche sur la valeur alimentaire des ignames. Rappelant l'apport en protéine des ignames par rapport aux autres racines et tubercules, il a toutefois insisté sur la faiblesse de l'utilisation digestive de l'azote en illustrant son propos par deux cas : celui de l'alimentation des poulets et celui de l'alimentation des porcs.

Les différentes communications de cette session ont donné lieu, en deux temps, à une discussion avec la salle par de très nombreuses interventions apportant des précisions, des commentaires et des compléments d'informations.

En particulier, pour pallier l'absence de communication sur les utilisations industrielles des ignames, Nicolas Bricas a rapporté quelques résultats de

travaux sur la caractérisation des amidons d'ignames, conduits en Colombie. Ces résultats semblent montrer que par rapport aux autres sources d'amidon, celui de l'igname aurait de remarquables propriétés de résistances aux hautes températures, ce qui, pour des utilisations industrielles où des traitements thermiques sévères sont souvent mis en œuvre, peut présenter un intérêt particulier.

Les discussions ont aussi et surtout permis de retenir que l'igname est une culture très particulière où la tradition, les interdits alimentaires, la symbolique et les utilisations habituelles diverses doivent être soigneusement évalués avant de tenter d'introduire des changements, fussent-ils des améliorations techniques.

En effet, et ce sera ma conclusion, plus encore pour l'igname que pour d'autres produits, les innovations et leurs dynamiques de diffusion doivent d'abord être analysées comme un phénomène social et culturel.

Je vous remercie de votre attention.



Session V

# Les demandes des utilisateurs







# Les problèmes de production et de transformation de l'igname

M. ADEOSSI  
04 BP 270, Cotonou, Bénin

## Introduction

L'igname constitue la base de la nourriture de nombreuses populations du Bénin, plus particulièrement dans les départements du Zou (nord du département), du Borgou et de l'Atacora (sud du département). Dans ces régions, elle est consommée sous forme d'igname pilée ou de pâte préparée à partir de la farine obtenue après séchage et mouture. Dans les zones où elle ne constitue pas la base de l'alimentation, elle est cependant régulièrement consommée frite ou bouillie, avec des beignets de haricot ou toutes sortes de friture de viande ou de poisson.

L'igname est donc cultivée un peu partout dans le pays, mais les populations du Sud sont abondamment ravitaillées par la production du Centre et du Nord.

Théoriquement, le Bénin est autosuffisant en igname ; on note des exportations vers les pays de la région, plus spécialement vers le Niger, le Nigeria, le Gabon, la République centrafricaine, etc.

Les statistiques du ministère du développement rural indiquent, pour ces dernières années, les productions suivantes :

1991-1992 :	1 177 541 t
1992-1993 :	1 124 859 t
1993-1994 :	1 185 089 t
1994-1995 :	1 250 465 t
1995-1996 :	1 258 424 t

Cependant, les problèmes de conservation entraînent des périodes de pénurie où la consommation la plus courante est la farine d'igname. Ces difficultés de conservation de l'igname fraîche ouvrent des pers-

pectives intéressantes pour l'industrie de transformation. En effet, la transformation artisanale n'arrive pas à satisfaire les besoins en période de soudure. Pour ceux qui, comme la Société Adeossi et fils, envisagent l'installation d'une unité de transformation, les problèmes sont multiples et vont de la production à la transformation, en passant par la conservation.

## Les problèmes de production

La Société Adeossi et fils dispose d'un domaine d'environ 3 000 ha, situé dans la sous-préfecture de Savè, dans le département du Zou. Son ambition est d'assurer un minimum de production de matières premières pour ses industries de transformation (maïs, igname, manioc, arachide). En ce qui concerne l'igname, de nombreuses contraintes apparaissent dans le domaine de la production.

### Les semences

Jusqu'ici, nous avons utilisé les semences de variétés locales que nous achetons sur le marché ou que nous obtenons par notre propre production. Les difficultés d'approvisionnement et le coût élevé des semences sur le marché nous ont amenés à limiter chaque année notre production à des niveaux faibles.

Notre objectif étant la transformation, nous sommes surtout préoccupés plus par le potentiel de produc-

tion que par l'adaptation à une forme de consommation (pilée, bouillie, frite, farine).

En effet, la plupart des variétés d'ignames sont également appréciées par le consommateur après avoir été transformées en farine. Donc, le problème essentiel pour l'industriel producteur reste la disponibilité des semences pour un niveau acceptable de production.

Cependant, il faut reconnaître que le cycle assez long des variétés locales (6 à 9 mois) est un goulot d'étranglement non négligeable.

Le responsable du Cirad à l'Ilita, au Bénin, a mis à notre disposition quelques semences de variété Florido qui sont en cours d'expérimentation dans notre ferme. Une brochure de production de semences à partir de mini-fragments nous a été fournie par le même technicien. Mais les préoccupations essentielles sont : le cycle de production du matériel végétal — il doit être le moins long possible de manière à être cultivé pendant la saison normale des pluies ; la réduction des quantités de semences à l'hectare : les variétés traditionnelles ont un taux de multiplication assez faible, ce qui nécessite des quantités importantes de semences ; la qualité de la semence, son aptitude à donner une pâte plus ou moins élastique, bien adaptée au goût du consommateur.

Cependant, il faut signaler qu'on peut corriger le défaut d'élasticité par une association avec le manioc, sous la forme pilée ou de pâte de farine. Alors que dans le cas de la consommation sous forme d'igname pilée, une attention particulière est attachée à la couleur plus ou moins blanche du produit final, pour la transformation industrielle sous forme de farine, la couleur revêt très peu d'importance, la pâte d'igname étant consommée la plupart du temps sous forme plus ou moins brune.

Toutes ces questions militent en faveur de l'introduction de variétés nouvelles, répondant aux préoccupations des industries. Se pose alors le problème de l'adaptation de ces variétés aux conditions climatiques locales.

## Les techniques culturales

Pour le producteur industriel, les techniques culturales traditionnelles comportent de nombreuses contraintes qui l'amènent à limiter les superficies emblavées en igname.

Pour lui, la solution réside dans l'intensification de la culture avec la mise en œuvre de techniques modernes qui lui permettent d'assurer un minimum de production pour approvisionner son usine de transformation.

## Les contraintes des techniques culturales

Elles se situent essentiellement dans le besoin important de main-d'œuvre nécessaire à chaque opération. Or l'exode rural observé dans les campagnes africaines rend difficile la satisfaction des besoins en main-d'œuvre salariée dans les exploitations agricoles.

En effet, les besoins spécifiques pour l'igname se chiffrent entre 80 et 100 hommes-jour/ha, hors défrichement.

Notre ambition est de réaliser 100 ha d'igname par an pour une production d'environ 1 500 t ; ce qui correspond à peine à 25 % de la capacité de notre usine.

Si nous supposons que nous étalons les travaux sur 60 jours, ce qui est d'ailleurs risqué, les besoins seront de 100 ouvriers agricoles en permanence à la ferme, c'est un rêve dans notre zone. Jusqu'ici, nous sommes obligés d'aller faire le recrutement de manœuvres dans le département de l'Atacora (environ 350 km) ; il ne nous a jamais été possible de disposer de plus de 50 personnes dans notre ferme. Ainsi, pour la production industrielle, la difficulté de disposer d'une main-d'œuvre suffisante est la raison essentielle de la nécessité de l'intensification de la culture de l'igname par l'amélioration des techniques culturales.

## L'amélioration des techniques culturales

Il s'agit essentiellement pour nous de mécaniser la culture de manière à lever le goulot d'étranglement que constitue la main-d'œuvre pour l'extension des superficies dans le cadre d'une culture industrielle.

Nous sommes parfaitement conscients que l'opération la plus facile à mécaniser est le labour, et qu'il existe actuellement des solutions mises au point pour cela. Nous aimerions cependant être informés sur les machines et les outils les plus performants à l'heure actuelle, et leur disponibilité sur le marché.

En ce qui concerne la plantation, la forme des semences et leur manque d'homogénéité ne permettent pas de préconiser des solutions acceptables mais nous aimerions savoir où en est la recherche dans ce domaine. Enfin, pour la récolte, la forme souvent irrégulière des tubercules rend l'opération délicate. Nous savons que différents outils ont été mis au point à cet effet et qu'aucun n'est réellement satisfaisant. Quels sont ceux qui sont les mieux adaptés aux conditions du Bénin ?

## La fertilisation

En culture intensive, une fertilisation adaptée est un facteur d'accroissement du rendement. Les difficultés d'obtention de la fumure organique et l'importance

des quantités nécessaires nous amènent à envisager l'utilisation de la fumure minérale. Mais au Bénin, le peu d'intérêt manifesté par les chercheurs pour cette culture est à l'origine de la méconnaissance par les producteurs intéressés, des formules d'engrais adaptés à l'igname. Des informations utiles dans le cadre des présentes assises nous intéressent.

## **Les maladies et les traitements phytosanitaires**

Il n'est pas possible d'envisager une intensification de la culture de l'igname sans un minimum de précautions en matière de lutte contre les ravageurs et autres maladies.

Notre expérience dans la culture nous a permis d'observer certaines maladies pour lesquelles nous ne disposons pas de solutions : le flétrissement des plants et l'attaque des tubercules en formation par les vers. Nous aimerions savoir s'il existe des traitements systématiques contre les maladies et ravageurs de l'igname comme il en est de certaines cultures.

## **I Les problèmes de conservation**

Ils se présentent sous trois aspects :

- la conservation pour la consommation en frais ;
- la conservation pour la transformation artisanale et industrielle ;
- la conservation des semences.

### **La conservation pour la consommation en frais : igname pilée, bouillie, frite**

La principale préoccupation est de ne pas altérer les qualités organoleptiques ; en particulier pour l'igname pilée, il faut que les conditions de conservation permettent de sauvegarder le goût et l'élasticité du produit.

En culture traditionnelle, la conservation dans les locaux ne présente jamais les conditions idéales d'entreposage, de ventilation et de température. Le stockage à l'air libre sur des claies dans les enclos est souvent utilisé. Mais on n'est pas à l'abri des pourritures et de la levée précoce de la dormance, obligeant à inspecter régulièrement les stocks pour dégager les produits avariés et enlever les germes qui poussent. La question qui vient à l'esprit est de savoir s'il existe un produit de traitement, de rémanence courte, non toxique pour les hommes, pouvant permettre de prolonger la période de conservation de l'igname. En milieu traditionnel, la solution de conservation dans le sol qui, en fait, consiste en une

récolte échelonnée, ne permet de conserver le produit que deux mois. Ces problèmes de conservation sont tels que, dans un pays comme le Bénin — dont la production est supérieure aux besoins de la population —, on assiste à une longue période de pénurie. Nous ne devons pas ignorer les conséquences sur les revenus des producteurs qui, par manque de méthodes de conservation, vendent l'essentiel de leur production au plus tard deux à trois mois après la récolte à des prix très bas.

## **La conservation pour la transformation**

La résolution des problèmes de transformation pour la consommation en frais a un impact sur la conservation pour la transformation. Les variétés adaptées à la consommation sous forme d'igname pilée sont souvent plus fragiles que celles destinées à la transformation en farine.

Par ailleurs, les exigences de qualité du produit final sont moins contraignantes mais la durée de conservation est plus longue, surtout en milieu traditionnel. En effet, une des solutions pour la conservation est la fabrication des cossettes qui, bien séchées, peuvent se garder pendant une durée plus ou moins longue. De bonnes cossettes nécessitent un ensoleillement suffisant. Mais les conditions de stockage de ces produits en milieu paysan sont insuffisantes ; des moisissures se développent sur le produit qui devient noirâtre et donnent une farine d'aspect douteux et au goût altéré.

C'est pourquoi les industriels doivent attacher une attention particulière à la fabrication des cossettes qui constitue le premier maillon de la transformation. Ils ne peuvent plus se contenter de la chaleur du soleil pour une production étalée dans le temps et pour une farine de bonne qualité.

## **La conservation des semences**

Au Bénin, en milieu paysan, il existe une deuxième récolte destinée à la production des semenceaux. Une solution pour la conservation de ces semences est leur récolte tardive. Mais entre la récolte et la plantation, de nombreux problèmes peuvent surgir. Les traitements chimiques des semences par les producteurs sont délicats dans la mesure où, en cas de pénurie grave, une partie des semences peut être consommée.

Mais en exploitation moderne, où les produits de consommation sont bien séparés des semences, il convient de mettre à la disposition des producteurs des méthodes et des produits de conservation qui mettent à l'abri de la germination précoce et des insectes nuisibles.

## **Les problèmes de la transformation**

Il s'agit ici essentiellement de la transformation en farine. La première étape est la fabrication des cossettes. L'objectif est d'obtenir une farine de qualité à partir de cossettes bien préparées. En tant qu'industriel, nous sommes confrontés aux problèmes suivants.

### **L'épluchage mécanique de l'igname**

Il semble que la forme irrégulière des tubercules rende le problème difficile à résoudre. Nous rencontrons les mêmes difficultés pour l'épluchage du manioc dans notre usine de fabrication de farine de manioc, farine communément appelée *gari*. Jusqu'à un certain niveau de production, la main-d'œuvre féminine est disponible pour l'épluchage manuel. Mais pour une unité de grande

capacité, cette question peut constituer un goulot d'étranglement sérieux.

### **La déshydratation de l'igname**

Pour une production industrielle, le séchage des cossettes par le soleil est insuffisant. Nous avons l'intention d'acquérir un séchoir industriel de grande capacité permettant d'obtenir des produits de bonne qualité. Notre seul souci est d'utiliser un mode de séchage économique. Les problèmes de la culture industrielle de l'igname et de sa transformation sont nombreux. Mais les solutions obtenues par la recherche agronomique ne sont pas souvent vulgarisées par les producteurs.

Les techniques mises au point dans certains pays doivent être adaptées aux conditions de chaque zone écologique pour être pleinement efficaces. Un programme de recherche-développement sur l'igname est nécessaire au Bénin, malgré les résultats obtenus au Nigeria. Notre exploitation pourrait abriter une partie de ce programme.

# La culture de l'igname

B. BALOUGOUN

paysan du Bénin, s/c J.-P. COURCHINOX, Ppab, 01 BP 496, Cotonou, Bénin

Tout d'abord, nous demandons que la grâce et la paix de Dieu accompagnent tous nos travaux. Mon intervention c'est tout d'abord de remercier tous les organismes, les chercheurs, les Ong qui n'ont pas voulu nous laisser dans l'isolement et nous ont accompagnés jusqu'à se présenter pour la première fois devant vous. Ne soyez pas étonnés si nous nous agitions un peu, ce sont les circonstances qui l'obligent.

En deuxième position, nous remercions MM. Vernier et Dossou qui n'ont pas voulu nous laisser une minute, afin que nous soyons un objet de recherche à la radio et la télévision ainsi que M. Bricas qui, jusqu'à présent, témoigne son affection afin qu'un jour nous puissions prolonger notre séjour sur cette terre dont nous avons toujours rêvée. Mon intervention est pour tout le monde en tant qu'agriculteurs ou producteurs d'ignames au Bénin. Je n'ai pas de tableaux à présenter mais j'ai pris un petit mémo, quelques phrases pour définir mon intervention. Comment, nous, à notre manière, nous faisons de la culture d'ignames.

Mon exploitation est située au nord du département du Zou. Je cultive 2 hectares d'ignames, 3 de manioc, 3 de maïs. Je travaille le plus souvent seul et je ne veux rien en aide, tous les travaux sont faits manuellement. Je vais vous présenter la façon dont je cultive l'igname.

Premièrement, c'est le **choix du terrain**. Terrain arboré avec un sol léger et profond, plat, cela convient mieux à l'igname. Le défrichement des arbres se fait avant la saison des pluies, voire septembre à mi octobre. L'incinération suit tout juste après.

En deuxième position, le **labour**. Après l'incinération des arbres, le labour en buttes qui convient pour nous le mieux à l'igname. Cela se fait avant le dessèchement du sol. Les buttes dans notre région se font entre

40 et 50 cm de haut. La largeur varie entre 50 et 80 cm.

**Le choix des semences.** les semences sont produites par les paysans et proviennent de la culture antérieure. Elles peuvent aussi s'acheter auprès du producteur.

## Variétés cultivées

### VARIÉTÉS HÂTIVES

Laboko (*kpouna* en Bariba). Elle a un goût agréable, elle est élastique, bien pour l'igname pilée, elle est facile à digérer, il n'y a pas de gaz. Mais si le tubercule est blessé, il se gâte vite.

Kégny, comme nous l'appelons chez nous, les tubercules sont gros, mais le goût est moins agréable que celui de Laboko

La variété Koukouma ressemble à Kégny.

Ofégui, variété la plus précoce, permet de faire la soudure.

### VARIÉTÉS TARDIVES

Kokoro, bonne conservation mais n'est plus douce quand elle fait des repousses.

La variété Kèhèbè, que vous appelez alata, je ne connaissais pas, bonne conservation, goût agréable, facile à digérer.

Pour obtenir les semenceaux, on récolte tôt une partie des tubercules des plantes hâtives sans arracher la tête car elles vont donner à nouveau les petits tubercules qui constituent les semenceaux. Pour les variétés tardives, les petits tubercules sont choisis pour être replantés.

## Plantation

En ce qui concerne la plantation, l'igname est habituellement plantée chez nous à partir du mois de décembre ou janvier pour les variétés hâtives, ensuite on plante les tardives. On plante les semenceaux en haut de la butte, entre 5 et 10 cm de profondeur, l'igname est inclinée légèrement, on recouvre de terre, un petit tas d'herbes sèches est mis au-dessus pour protéger cette semence du soleil ardent. Les boutures ne germent que 20 à 30 jours après la plantation. L'écartement entre les rangées et entre les buttes varie de 0,8 à 1 m. Nous obtenons ainsi une densité de 10 000 plants à l'hectare environ. L'igname se cultive en culture pure. Elle vient en tête de rotation et peut revenir 3 ans après, après la culture du sorgho.

## Engrais

Pour ce qui est de l'engrais, le fumier organique non utilisé, nous n'avons pas de formation à ce sujet.

## Travaux d'entretien

Trois sarclages au moins sont préconisés. Le premier trois mois après la plantation pour éviter de blesser les tiges en nettoyant. Le deuxième sarclage doit se faire deux mois après le premier et le troisième avant la récolte ou au moment de la récolte.

## Tuteurage

Le tuteurage permet aux feuilles du plant de grimper donnant ainsi beaucoup de lumière aux plants et un bon développement de la plante. Les arbres incinérés sur le nouveau terrain constituent chez nous le tuteur, le paysan n'ayant pas de moyens humain et financier suffisants pour mettre les tuteurs. L'igname donne ainsi un bon rendement s'il a un tuteur. Les tuteurs peuvent avoir de 2 à 3 m de haut.

**Les ennemis** sur l'igname provoquent le dessèchement des feuilles et des lianes en pleine saison pluvieuse, ce qui donne une moins bonne qualité des plants. Les rongeurs tels que rats, agoutis, lapins et perdrix déterrent et mangent les tubercules. Nous n'avons pas de moyens de lutte.

## Récolte

La grande partie des récoltes se fait pour les variétés hâtives à 8 à 9 mois après la plantation, en août-septembre. Pour les variétés tardives, elles se font à 10 et 12 mois.

Pour les variétés hâtives, deux récoltes sont préconisées, la tête de l'igname séparée du tubercule est laissée en terre et recouverte de terre, elle produit 2 à 3 mois après les semenceaux. Les variétés tardives

sont récoltées en une seule fois dès que les feuilles sont complètement sèches.

## Conservation

On creuse un petit trou de 0,5 m de profondeur dans lequel on dispose la paille d'igname sèche, on range les tubercules au-dessus. On recouvre de paille d'igname sèche et on dispose du bois mort, pour éviter que la paille ne s'envole. Durant la conservation, les pertes sont importantes à cause des rongeurs et des pourritures. Il faut éviter les blessures pour une bonne conservation.

## Transformation

L'igname est utilisée sous plusieurs formes :

- bouillie, elle peut servir à l'alimentation de la famille ;
- cuite et pilée, c'est un véritable repas chez nous ;
- pelées, séchées, elles donnent des cossettes. Elles sont ensuite réduites en farine et préparées en pâtes ou en couscous, aliments locaux.
- les restes d'igname pilée sont séchés au soleil, ils sont consommés frits sous le nom de *gninou*.

## Commercialisation

L'igname est le plus souvent vendue sur les marchés locaux et nationaux. Le manque d'acheteur constitue un problème très embarrassant car il conduit à une mévente.

Parmi tant de problèmes nous avons pu en enregistrer trois :

- la maladie ;
- la conservation ;
- la commercialisation.

En résumé, mon cri d'alarme va vers les bailleurs de fonds, les Ong et d'autres organismes pour qu'ils viennent soutenir par tous les moyens nos producteurs sur le terrain. Sachant que l'homme s'affermir par le conseil mais faisons aller avec prudence. Vos riches expériences dans les recherches scientifiques sont appréciables, seulement n'oubliez pas ce que disait un sage comme vous : « J'ai haï tout le travail que j'ai travaillé sous le soleil parce que je dois le laisser à l'homme qui sera après moi et qui sait s'il sera un sage ou un sot et il sera maître de tout mon travail auquel j'ai travaillé et dans lequel j'ai été sage sous le soleil, donc cela ne serait pas du tout une poursuite de moi. » Ami chercheur, venez sur le terrain afin que le producteur, dès à présent, bénéficie de votre expérience aussi longtemps qu'il dure sinon mon dur labeur sera vain. Je vous remercie.



# **L**e commerce de l'igname en Côte d'Ivoire

T. OUATTARA  
Bouaké, Côte-d'Ivoire

Mesdames, Messieurs bonjour,

Je suis Ouattara Tiémoko, né en 1964 à Balanzie, sous-préfecture de Satama-Sokoro dans le département de Dabakala situé au centre nord de la Côte d'Ivoire.

En 1975, date à laquelle mon village venait d'avoir sa première école primaire, mes parents décidèrent de m'inscrire au Cp1. Mais en cette année, j'avais déjà onze ans. Ce qui réduisait déjà mes chances de faire de longues études. Ayant donc pris conscience de ce handicap, j'ai arrêté aussitôt les études sanctionnées par le Cepe en 1980.

Mais sachez que depuis l'école, j'avais une très grande aspiration pour le commerce. La preuve est qu'à cette époque, je servais d'intermédiaire entre les acheteurs et les villageois qui me sollicitaient auprès de mon père. Cette prestation était gratuite sauf que, quelques rares fois, l'on me donnait un petit pourboire qui dépendait du degré de générosité du villageois ou de l'acheteur. Certes, cette tâche bénévole ne m'a pas procuré assez de liquidité monétaire, mais ceci a été la source de ma connaissance professionnelle actuelle. Je tiens à signaler au passage que cette étape d'apprentissage s'est déroulée de 1979 à 1984. C'est dans cette tâche qu'un jour Monsieur Kalifa Bakayoko est venu voir mon père pour que je travaille à son compte. Plusieurs raisons ont justifié cette demande d'union.

Monsieur Kalifa ne s'y connaissait pas dans le domaine de l'igname parce qu'il était commerçant de bétail donc il ne savait même pas lire sur une bascule. Il ne connaissait pas la région ; ce qui ne lui facilitait pas l'obtention de la clientèle. Il voulait fructifier son capital dans un domaine autre que l'élevage. Il voulait être utile à un jeune dévoué mais dont les moyens étaient limités. Il me proposa donc de tra-

vailler avec lui et sur accord de mon père, j'ai accepté cette collaboration.

Alors, depuis 1984, j'ai embrassé à plein temps le travail d'acheteur d'igname. Suite aux instructions de nos sociétés d'encadrement, telles que le Cidt (Compagnie ivoirienne pour le développement des textiles), nos différents villages se sont organisés en association ou Gvc (Groupement à vocation coopérative) pour la commercialisation de leurs produits. C'est ainsi que depuis 1993, après la dévaluation du franc cfa, notre village (Balanzie), situé au centre est de la Côte d'Ivoire dans la circonscription territoriale de Satama-Sokoro, m'a choisi en tant que grossiste pour la collecte et l'achat de leur produit (igname en général). Et comme l'adage le dit « l'appétit vient en mangeant », alors j'ai fini par embrasser le commerce d'igname et en faire une activité professionnelle.

Il faut vous rappeler que notre système d'achat consiste à aller directement ou indirectement vers les paysans. Mais cela doit respecter une certaine rigueur. Car il faut s'assurer non seulement de la qualité de l'igname, mais également tenir compte des pratiques en ville. D'autre part, il faut retenir une marge de 25 F cfa par kg (vingt-cinq) pour couvrir les différents frais (transport douane). Une fois déchargées au magasin, les ignames sont revendues à d'autres clients venant de tous les coins du pays et même de l'extérieur (Gabon, Mali, Guinée). Il faut noter que la demande des pays voisins se fait en fonction du besoin des types d'igname. C'est ainsi, qu'à titre d'exemple, le Gabon qui utilise l'igname sur toutes ses formes demande le *Sopere*, le *Kponan*, le *Krengle* et le *Florido*. Quant au Mali et à la Guinée, ils n'utilisent que l'igname pour le ragoût et les frites, pour cette raison, ceux-ci préfèrent le *Kpasadjo* et le *Florido*.

Quant aux coûts pratiqués, il faut dire qu'ils sont fonction non seulement de l'offre et de la demande,

mais aussi des périodes et de la qualité de l'igname sur le marché.

La politique des prix n'est pas définitivement fixée à l'avance. Elle est fonction du cycle de vie du produit et de son évolution sur le marché.

Mon chiffre d'affaires dépend donc du volume des ventes que je réalise pendant la traite. La première, dite grande traite, est celle des ignames précoces *Sopere, Kponan, Kpassadjo, Assawa, Trela, Frou*. Elle débute en juillet et finit en octobre. La seconde, dite petite traite, qui est celle des ignames tardives *Krengle, Floridi, Bête-Bête, N'za* traditionnel, commence en novembre et prend fin en juin. Il est à noter que c'est pendant la grande traite que nous réalisons le plus de bénéfices.

En effet, compte tenu de mon capital insignifiant qui s'élève à 500 000 F cfa, je n'arrive pas à effectuer beaucoup de vente. Ce qui ne me permet pas de réaliser un chiffre d'affaires important. D'ailleurs, parfois, je suis obligé de faire des achats à crédit. Il faut noter que c'est un crédit à court terme (une période allant de 1 à 15 jours) qui consiste à décharger l'igname, le revendre avant de solder et cela se fait sans intérêt.

Le commerce d'igname présente un aspect un peu particulier du fait de sa grande indépendance. Ce qui sous-entend que l'autorité n'a pas trop de poids sur nous. Au contraire, elle nous aide par le biais de ses organes spécialisés, tel l'Ocpv (Office d'aide à la commercialisation de produits vivriers), structure à caractère étatique née pour les missions suivantes :

- servir de courroie de transmission entre producteurs, acheteurs et les marchés ;
- équilibrer et alimenter les marchés désireux.

Mais certaines réalités du terrain font que nous, grossistes, nous ne collaborons pas efficacement avec l'Ocpv pour plusieurs raisons :

- il n'est pas en contact permanent avec les différents producteurs ;
- il ne couvre pas la totalité des grandes zones de production.

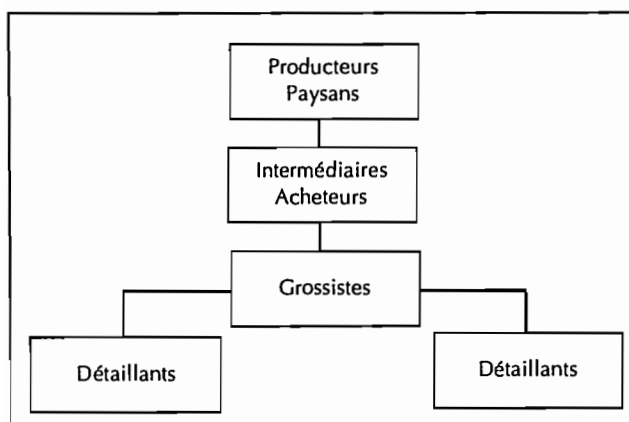


Figure 1. Structure de la filière de commercialisation.

Quelques points d'ombre subsistent car, bien que nous nous acquittions de nos droits tels que impôt et patente, des barrières douanières existent tant bien que mal et ne nous facilitent pas l'écoulement de nos produits. Le marché de gros de Bouaké, cette œuvre incomparable et inégalable, réalisée par le gouvernement pour les commerçants que nous sommes, a été accueillie avec la plus grande satisfaction. Cependant, à l'aube de la finition des travaux de cet immense édifice, les commerçants deviennent de plus en plus inquiets face aux conditions d'acquisitions d'un emplacement qui portent en elles une caution de 480 000 F cfa et une somme de 40 000 F cfa à verser chaque fin de mois. Les conditions d'attribution jusqu'ici ignorées nous emmènent à nous poser beaucoup de questions, suite à certaines rumeurs et non les moindres, qui font croire dans les coulisses que certains grands commerçants pourraient venir des pays voisins pour occuper les locaux. Face à cette situation, nous lançons un appel à toutes les bonnes volontés afin que soit rendu à César ce qui est à César.

Le métier de commerçant d'igname est aujourd'hui, confronté à de sérieux problèmes.

Le premier problème est un problème de transport, en fait beaucoup de commerçants ne possèdent pas de camion pour leurs propres achats. Alors, lorsque la demande est forte, les propriétaires de véhicules opposent un refus catégorique. Lorsque la demande est forte, les propriétaires de véhicules, animés d'un souci de monopoliser le marché, réservent leurs camions pour leurs propres prestations. Cette situation empêche donc les petits commerçants que nous sommes d'évoluer pleinement.

Le problème de stockage reste l'une des préoccupations majeures du commerçant, parce que l'igname résiste peu aux intempéries naturelles (chaleur, insectes).

Les problèmes des taxes et impôts ne sont pas faits non plus pour résoudre la situation du commerçant car les taux de ces différentes taxes sont souvent mal imputés. Ce qui n'arrange pas les commerçants.

Enfin, la question des prix reste épineuse. Les prix ne sont pas homologués sur le marché, la conséquence d'une telle situation est la concurrence déloyale. La non subvention du prix pratiqué sur le marché en matière de commercialisation de l'igname par le gouvernement ivoirien est due à la non-industrialisation intense de ce produit, raison pour laquelle le prix pratiqué est fonction de l'acheteur.

Vu ces différents problèmes auxquels sont confrontés les commerçants d'ignames, nous aurions souhaité désormais, en plus des autorités supérieures, que les bonnes volontés nous aident à surmonter nos contraintes. C'est ainsi que nous demandons, à

compter de ce jour, qu'on revoie nos problèmes d'impôts et de taxes.

Nous souhaitons la réduction, si possible, des nombreuses barrières douanières, ainsi que la résolution du problème de conservation de l'espèce igname. Enfin, le désir le plus ardent du commerçant d'igname, c'est de solliciter une aide extérieure pour résoudre ses différents problèmes.

Mon souhait le plus ardent aujourd'hui c'est que je sois relayé par mes enfants. A ceux-ci, je recommande une bonne organisation dans le travail, une bonne gestion et surtout la franchise et l'honnêteté.

Je ne saurais terminer ce rapport sans exprimer ma profonde gratitude à Messieurs les premiers responsables de ce séminaire.

Mes remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui ont effectué le déplacement pour participer au séminaire.

Enfin, je terminerai par le souhait qu'un pareil séminaire se réalise dans les années à venir en Côte d'Ivoire et puisse s'étendre à un plus grand nombre de nos amis grossistes à qui je ferai bénéficier de mes connaissances de ce séminaire dès mon retour au pays.

Merci.



# Fabrication du couscous d'igname au Burkina Faso et difficultés rencontrées

M.D. TOE

Djigui Espoir, 01 BP 596, Ouagadougou 01, Burkina Faso

Je remercie d'abord les organisateurs de ce séminaire qui m'ont invitée à présenter le couscous d'igname. Je vous présente donc mon groupement qui s'appelle Djigui. Djigui est un groupement de femmes handicapées qui a pour but de sensibiliser et de responsabiliser les femmes handicapées pour qu'elles se prennent en charge afin d'éviter la mendicité, le vol et le désespoir. Pour atteindre cet objectif, elles mènent des activités qui, tout en étant compatibles avec leur état, sont susceptibles de leur procurer des revenus. Leur activité principale est le séchage solaire de produits alimentaires, notamment l'igname, le grumeau de mil pour la bouillie et le *dégué*, les calices de bissap et bien d'autres produits alimentaires.

## L'importance de l'igname au Burkina Faso

L'igname a été un tubercule très connu et consommé au Burkina Faso. Elle se consomme frite, bouillie, en ragoût ou en *foutou*, sorte de purée. Cependant, pour des raisons climatiques et pluviométriques, elle n'est cultivée que dans le sud et le sud-ouest du pays. La récolte d'igname a lieu en octobre et en novembre, si bien qu'elle est disponible sur les marchés jusqu'en février à un prix abordable. Mais, à partir du mois de mars, les prix augmentent sensiblement et peuvent passer de 150 F à 350 F Cfa, c'est-à-dire 1,5 F à 3,5 FF le kg. La distribution de l'igname est faite à travers tout le pays par des commerçants qui s'approvisionnent directement auprès des paysans et l'acheminent vers les grands centres. Ils sont assistés parfois par des détaillants qui vendent de

porte à porte. Il convient cependant de signaler que l'activité de commerce d'igname est saisonnière à cause de la nature du produit qui est difficile à conserver.

## La présentation du couscous d'igname

C'est en cherchant à promouvoir ses activités que notre groupement a eu l'idée de mettre au point le couscous d'igname. Au Burkina Faso, on considère le couscous d'igname comme un nouveau produit. Ce couscous se présente exactement comme le couscous habituel, en grains fins de couleur blanchâtre. Sa préparation est simplifiée car il est déjà cuit. Il suffit de le passer à la vapeur dans un couscoussier 10 à 15 minutes pour qu'il soit prêt à la consommation. La sauce qui l'accompagne est préparée librement au choix et au goût de chacun.

Le processus de fabrication du couscous d'igname se compose des phases suivantes :

- pesage, épluchage, découpage en gros morceaux, lavage dans l'eau simple ;
- cuisson dans l'eau bouillante pendant 10 à 15 minutes
- séchage dans des séchoirs solaires ;
- granulation dans un moulin spécial ;
- pesage et emballage.

En terme de rendement de production, 4 kg d'ignames fraîches donnent 1 à 1,50 kg de couscous sec. En terme de rendement économique, nous vendons actuellement en prix hors taxe départ de

Ouagadougou. à un prix de 1 000 Fcfa pour 400 g soit 2 500 Fcfa le kilo.

Le sachet de 100 grammes est préparé et dosé pour trois personnes.

## **Les difficultés rencontrées dans la promotion du couscous d'igname**

Pour ce qui est de l'approvisionnement en matière première, en dehors du caractère saisonnier de l'igname qui nous empêche de produire le couscous pendant toute l'année, nous ne rencontrons aucune difficulté majeure, étant donné que nos moyens, nos besoins en matière première sont très limités à cause de la faible capacité de production de nos équipements. En effet, nous achetons directement toute l'igname dont nous avons besoin sur place à Ouagadougou. Cela nous revient moins cher pour le moment. Cependant, à moyen terme, nous envisageons des achats en campagne quand nous aurons un moyen de transport adéquat. Il est même possible d'envisager l'exploitation d'un champ d'ignames.

Le séchoir que nous utilisons actuellement est un séchoir solaire qui a été mis au point par une Ong française du nom de Abac Geres. Sa capacité est limitée. Chaque séchoir ne peut prendre que 7 kg de produit frais, dont le séchage prend en moyenne 2 jours.

Nous perdons également trop de temps pour le granulage car tout se fait manuellement. En suivant

soigneusement les 4 étapes, les pertes de production correspondent à moins de 5 % du produit frais. Les techniques d'emballage n'étant pas encore développées dans notre pays, pour le moment, nous nous contentons de sachets plastiques fermés par thermosoudage. La stabilité de conservation du couscous d'igname fabriqué dans les conditions actuelles est de 18 mois. En ce qui concerne la commercialisation, nous ne rencontrons actuellement aucun problème car la demande dépasse l'offre.

Le couscous d'igname est un nouveau produit qui mérite de retenir l'attention de tous les chercheurs, de tous les opérateurs économiques qui s'intéressent à la filière igname. En effet, il apparaît comme une solution viable face aux difficultés (problèmes de conservation et de transport) que posent les tubercules d'ignames fraîches.

Un accent particulier doit être mis sur la mise au point d'équipements de production plus performants surtout pour la granulation et le séchage afin de rentabiliser davantage la production du couscous d'igname.

Les résultats déjà atteints par notre groupement doivent être pris au sérieux par les chercheurs afin d'être scientifiquement appréciés, surtout pour la stabilité de conservation et la maîtrise des paramètres de séchage. Des efforts doivent être également faits pour l'emballage afin de trouver le type adéquat qui sera efficace, durable, économique et esthétique.

L'espoir suscité par le couscous d'igname est grand, nous souhaitons donc, qu'un jour, une mission d'experts se réunisse à Ouagadougou auprès du groupement Djigui afin d'élaborer un plan de promotion de ce produit.

Session VI

# **Situation actuelle de la production et des recherches par pays**







# L'igname au Burkina Faso : situation et état des recherches

J. BELEM

Iera, 01 BP 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso

## Introduction

Le Burkina Faso, pays enclavé, a une superficie de 274 200 km<sup>2</sup>. Le relief est relativement plat avec une altitude moyenne de 300 à 400 m. Le climat est de type soudano-sahélien avec une alternance d'une longue saison sèche (octobre à mai) et d'une courte saison de pluie (juin à septembre). La pluviométrie moyenne annuelle varie de 400 à 1 100 mm. La population est estimée, en 1994, à 9 969 000 habitants et environ 90 % de cette population s'occupent ou dépendent principalement des activités agropastorales. Les productions végétales occupent environ 2,5 millions d'hectares, soit 25 à 30 % des terres arables du pays et les céréales occupent près de 90 %. La croissance annuelle de la population est de 2,8 % par an alors que celle du secteur agricole est estimée à 2,5 % l'an. Les causes de ce déséquilibre sont multiples et on peut citer, entre autres, les aléas climatiques, la déstabilisation des écosystèmes, la faible diversification des productions, l'inorganisation et l'insuffisance de formation des cadres, des techniciens et des producteurs dans les domaines de l'agriculture, la modicité du revenu des producteurs et les déséquilibres régionaux qui sont de véritables entraves au développement agricole.

## Zones écologiques et évolution de la production

Les ignames (*Dioscorea* spp) cultivées au Burkina Faso sont du groupe *Dioscorea abyssinica*, *Dioscorea lecardii* et *Dioscorea cayenensis*

(DUMONT et HAMON, 1985). Les ignames du groupe *Dioscorea abyssinica*, cultivées dans la région centre du Burkina Faso, ont une particularité de tolérance à la sécheresse (zone de 700-800 mm) (figure 1). Une étude sur l'amélioration de la productivité de cette variété, ainsi que ses qualités organoleptiques, est prévue en vue de l'augmentation des productions agricoles du Burkina Faso. L'igname constitue pour les populations de l'Ouest, du Sud, du Sud-Ouest et du Sud-Est un aliment de base pour certains et un aliment de soudure pour d'autres. On trouve actuellement l'igname sur presque tous les marchés du pays (figure 2) où elle joue un rôle de plus en plus marqué dans l'alimentation des populations burkinabé. Toutefois, les recherches sur les plantes à tubercules — et plus particulièrement sur les ignames —, n'ont commencé qu'à la moitié des années 70. De ce fait, il existe peu de travaux de recherche permettant une meilleure connaissance des différentes espèces et variétés adaptées à la culture intensive, les techniques efficaces de production intensive, la lutte contre les maladies et ravageurs et la conservation pour une meilleure intensification de la culture (BELEM, 1993).

La production annuelle d'igname est estimée à plus de 120 000 tonnes (1993). Cette évolution est considérable si l'on se réfère aux conclusions des enquêtes socioéconomiques et de la synthèse des études sur les tubercules au Burkina Faso par DUMONT (1980). L'igname constitue la première culture pour les plantes à tubercules et racines alimentaires au Burkina Faso (SOME et al., 1995). Les principales zones de cultures sont la Comoé, la Sissili, le Kénédougou, le Poni. Dans ces zones, les productions sont en nette croissance (figure 1). Cependant, force

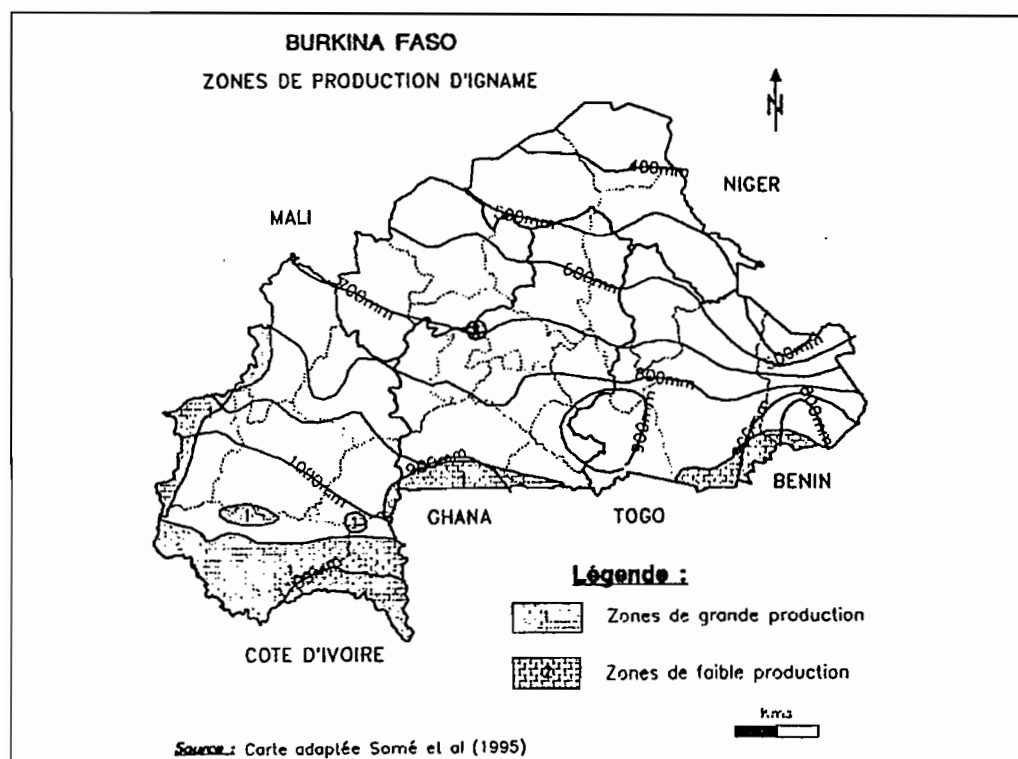


Figure 1. Zones de production d'igname.

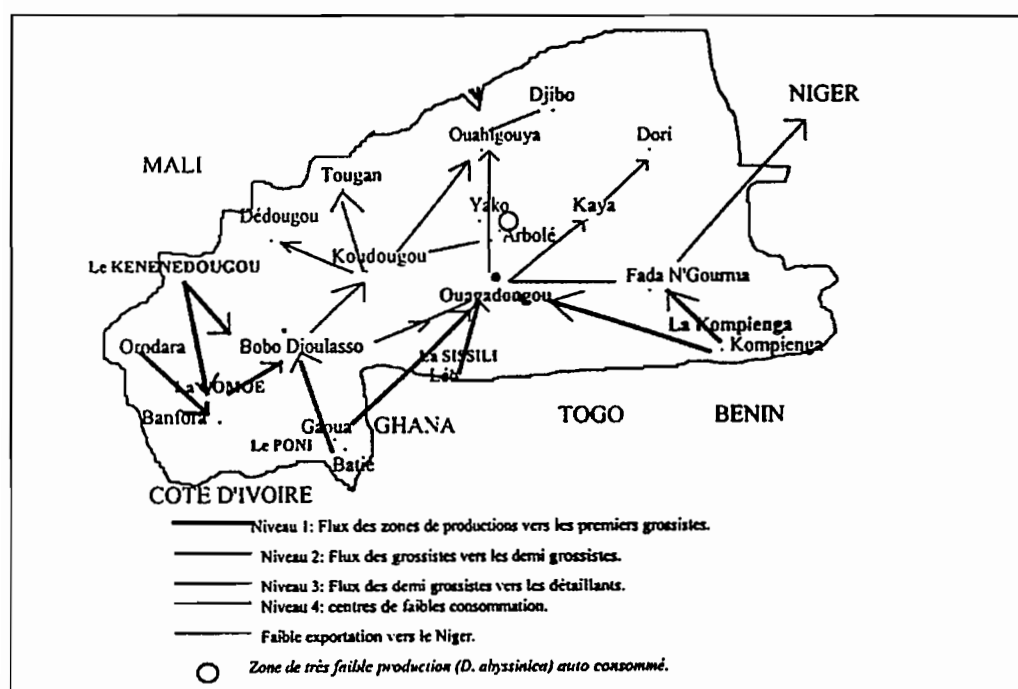


Figure 2. Flux de distribution de l'igname au Burkina Faso.

est de constater que les statistiques restent encore très difficiles à établir à cause, principalement, de la dispersion des superficies, de l'enclavement de la plupart des zones de production et de la pratique de culture itinérante. La production nationale d'ignames, a, malgré tout, connu une croissance assez marquée ces dernières années grâce à l'accroissement des superficies (tableau 1).

## Contraintes de productions de l'igname au Burkina Faso

La production de l'igname, au Burkina Faso, rencontre des difficultés non négligeables, freinant son expansion. Parmi ces contraintes, on peut citer, entre autres, la mauvaise distribution de la

pluviométrie dans le temps et dans l'espace, la non-disponibilité de matériel végétal permettant une intensification de la culture, la faible fertilité des sols, la non-maîtrise des techniques culturales (préparation du sol, confection du lit de plantation, fertilisation, tuteurage, techniques de désherbage, production de semences...), de défense des cultures, la mauvaise organisation des circuits de commercialisation, des pertes considérables en cours de conservation dues à la faible qualité des systèmes de conservation.

## Contraintes liées aux facteurs pédo-climatiques

### Effets du climat

La culture de l'igname requiert une pluviométrie annuelle de 1 000 mm ou plus et cela pendant cinq mois minimum (GHOSH *et al.*, cité par SOME *et al.*, 1995). Or au Burkina Faso, seule l'extrême ouest et sud-ouest remplissent ces conditions. En effet, le climat est de type soudano-sahélien avec une alternance d'une longue saison sèche (octobre à mai) et d'une courte saison de pluie (juin à septembre). La pluviométrie moyenne annuelle varie de 400 à 1 100 mm et elle est très irrégulière d'une année à une autre ; le même phénomène s'observe au cours d'une même année. Les mois de juin et juillet connaissent très souvent des poches de sécheresse, compromettant sérieusement la production des ignames. Cela expliquerait en partie les mauvais rendements observés certaines années (SOME *et al.*, 1995).

### Effets du sol

L'igname exige des sols meubles et profonds, fertiles, bien drainés pour mieux produire (OLYMPIO, 1982). Or les sols burkinabé sont de tendance acide, pauvres en matière organique et en éléments minéraux et ont une faible capacité d'échange cationique (SOME *et al.*, 1995).

On assiste alors à un encroûtement en surface et souvent à un compactage du sol. Les zones de culture sont caractérisées par des sols de type ferrugineux sur roches acides pour une grande partie, et de type ferrugineux et faiblement ferrallitiques. Dans certaines zones, la culture se fait dans la plupart des cas sur sols de bas-fond. Or l'excès d'humidité dans ces bas-fonds ne permet pas à l'igname de bien pousser car elle craint l'engorgement.

**Tableau 1.** Evolution de la production de 1984 à 1996.

Année	Superficie (ha)	Production (t/an)
1984	7 888	62 505
1985	10 065	76 726
1986		112 000
1987	16 835	134 591
1988	11 056	87 931
1989	9 242	83 761
1990	7 012	94 129
1991	5 600	37 100
1992	11 242	12 900
1993	7 002	41 734
1994		36 436
1995	9 253	64 041
1996		49 153

Source : Mara, direction des statistiques agricoles (Maea/Dsa).

## Contraintes liées aux pratiques culturales

Au Burkina Faso, comme dans la plupart des zones de culture de l'igname en Afrique, les techniques culturales n'ont guère évolué, la houe et la machette demeurent les outils principaux de défrichage, de piochage et de confection des buttes, ce qui rejoint les études de OKOLI et ONWUEME (1991). Le labourage se fait généralement en fin de saison pluvieuse si la culture se fait sur une culture précédente (céréales ou autres tubercules) ou en début de saison pour les nouvelles défriches. Le travail est fait par piochage, suivi d'une levée de buttes dont la hauteur varie de 60 à 80 cm sur 60 à 80 cm de circonférence de base. Ces opérations sont celles qui coûtent le plus cher en temps de travaux et en frais de main d'œuvre.

Le coût pour la confection d'une butte d'igname variait entre 5 et 10 F Cfa en 1993 (avant la dévaluation du franc Cfa), ce qui revenait entre 50 000 et 100 000 F Cfa/ha. Aussi le producteur fait appel à ses enfants, qui généralement ont entre dix et quinze ans (les plus âgés émigrant vers les pays côtiers) ; les buttes sont généralement mal faites, ce qui implique des rendements bas de tubercules. Autrefois, la culture se faisait sur des terres restées en jachère pendant un certain temps (4 à 5 ans) afin d'assurer la restauration de la fertilité du sol dans la plupart des cas par la chute et la décomposition (ou le brûlage) des feuilles ou des herbacées (DEGRAS, 1986). Or, actuellement, la difficulté pour trouver de nouvelles terres est due à la migration des populations de la zone nord du pays vers les zones de production d'ignames (Sud et Ouest) à cause de la désertification et de la baisse de fertilité des sols, la culture de l'igname se fait donc de plus en plus sur le même sol

plusieurs années consécutives sans apport de fertilisants. Cette pratique a pour corollaire la baisse des rendements eu égard à la baisse de fertilité des sols. L'igname se cultive chez la plupart des producteurs burkinabé sans apport d'éléments fertilisants car, pour eux, les tubercules issus des champs fertilisés en engrais minéraux se conservent très mal. Les rendements bas trouvent encore ici une des explications.

## Effets des techniques de protection phytosanitaire des cultures

En milieu traditionnel, la culture d'igname ne reçoit aucun traitement phytosanitaire en guise de mesures préventives ou curatives, aussi les principaux problèmes phytosanitaires rencontrés au Burkina Faso sont la nécrose des tubercules en conservation due à l'antracnose et les maladies virales. Une étude diagnostic sur les maladies virales des ignames a été faite par l'Inera dans le cadre d'une thèse de doctorat.

## Contraintes liées au matériel de plantation

La majorité des producteurs burkinabé ne connaît pas la technique de production de semencaux à partir de mini-fragments de tubercules. En général, le matériel de plantation est soit issu de la deuxième récolte (cas de certains cultivars de *D. cayenensis-rotundata*), soit directement puisé dans le stock de tubercules destinés à la consommation. De ce fait, il y a une compétition entre le matériel de plantation et les tubercules destinés à la consommation. En effet, la période de plantation, dans certains cas, coïncide avec celle de disette (tableau II), aussi très peu de tubercules retournent à la plantation. Par ailleurs, les cultivars utilisés par les paysans sont souvent de mauvaise qualité ou non adaptés aux conditions climatiques ou agronomiques ; le choix des cultivars étant influencé, dans la plupart des cas, par des traditions ancestrales.

## Contraintes liées aux aspects de post-récolte

### Effets des systèmes de conservation

La production nationale d'igname oscille entre 120 000 et 140 000 t l'an. Cependant, plus de la moitié des récoltes est écoulee à très bas prix au cours des

deux premiers mois qui suivent la récolte, faute de moyens, et/ou de maîtrise des techniques de conservation. En effet, les pertes sont considérables en cours de conservation traditionnelle dont le système inadéquat ne permet pas une conservation de longue durée. Les pertes sont estimées à plus de 30 % sur la production nationale. Au Burkina Faso, cinq méthodes de conservation ont été recensées : le hangar conique ou hutte confectionnée avec des tiges de mil à même le sol, la fosse, le grenier qui sert en même temps de structure de conservation des céréales, le hangar parallélépipédique construit avec des branches d'arbres et le hangar familial (BERE et KABRE, 1990). Dans ces méthodes traditionnelles de conservation, les tubercules sont rangés en tas, ce qui n'assure pas toujours une bonne conservation. Des systèmes de conservation en clayettes, sous hangar bien ventilé ou silo en paille, entrepris par des chercheurs de l'université de Ouagadougou et de l'Inera sont toujours testés afin de proposer une technique efficace de conservation des tubercules qui tiennent compte du type de climat chaud et sec du Burkina Faso.

### Effets des systèmes de commercialisation et de transformation

Au Burkina Faso, il n'existe pas, actuellement, un circuit organisé de distribution et de commercialisation des ignames. La distribution se fait des zones de production vers les centres de consommation par des commerçants appartenant exclusivement au secteur dit informel (figure 2). L'Etat intervient très timidement en organisant une fois par an la fête de l'igname (à Léo, dans la province de la Sissili), mais cette action ne concerne qu'une seule zone de production. Egalement, l'enclavement de la plupart des zones de production rend encore plus difficile le lien entre ces zones et les centres de distribution et de commercialisation.

**Tableau II.** Chronogramme des activités de production des ignames au Burkina Faso.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Défrichage												
Labour												
Levée de buttes												
Plantation												
Tuteurage												
Entretien												
Récolte 1												
Récolte 2												

En ce qui concerne la transformation, il n'existe aucune unité de transformation des tubercules d'igname au Burkina Faso. Les seules transformations qui existent sont celles faites à l'échelle familiale. Pour ce faire, le département de technologie alimentaire issu de la réorganisation de la recherche scientifique au Burkina Faso depuis 1994, met au point des techniques de transformation des tubercules ainsi que des techniques culinaires en vue d'une meilleure consommation des ignames.

## Etat de la recherche sur les ignames au Burkina Faso

La recherche sur les plantes à tubercules est assez récente au Burkina Faso et les résultats sont assez limités. Les étapes de cette recherche peuvent se résumer de la façon suivante.

De 1976 à 1980, des travaux de collectes, d'inventaires et d'enquêtes socioéconomiques ont été faites par l'Irat (Institut de recherches agronomiques tropicales). Un important lot de cultivars d'ignames a été fait. En effet, une collection de plus de 60 accessions d'ignames et autres tubercules divers (patate douce, manioc, fabirama, taro) avaient été faite entre les années 1975 et 1980. Cependant, une grande partie de ce matériel a été perdue à cause des difficultés rencontrées dans la maintenance *in vivo* des collections.

De 1980 à 1990, la recherche agricole a été placée sous la tutelle du ministère des enseignements secondaire supérieur et de la recherche scientifique. Les activités ont concerné la poursuite des collections, l'introduction de matériel végétal venant d'autres structures de recherches telles l'Iita (Institut international d'agriculture tropicale) des tests agronomiques. Des essais de fertilisation minérales ont été entrepris sur certaines variétés en station et en milieu réel. Parallèlement, des chercheurs de l'université de Ouagadougou menaient des études sur la conservation des tubercules d'igname.

Depuis 1990, de nouvelles prospections-collectes sont en cours dans le but de renouveler le matériel génétique. Actuellement, l'Institut du développement rural (Idr) de l'université de Ouagadougou travaille sur la caractérisation morphologique de collections d'ignames du Burkina Faso. De même l'Inera (Institut de l'environnement et des recherches agricoles) travaille, en collaboration avec l'Idr, et l'Iita sur des évaluations de matériel végétal collecté et introduit de l'Iita. Des formations sur les nouvelles techniques de production de semenceaux d'igname à partir de mini fragments de tubercules se font depuis 1992 au profit des agents d'encadrement de l'agriculture. En 1994, dans le cadre de la relance de la recherche

scientifique au Burkina Faso, un plan directeur de recherche sur les ignames a été défini dans le plan stratégique de la recherche agricole. Aussi, des travaux sur la modernisation de la culture de l'igname vont-ils commencer dès la campagne agricole 1997-1998.

## Références bibliographiques

- J. BELEM, 1993. Situation générale de la culture de l'igname au Burkina Faso. Communication personnelle.
- P.A. BERE, T.S. KABRE, 1990. Méthodes traditionnelles de conservation de l'igname au Burkina Faso. *In* Bul. Amélior. Agr. Milieu Aride 1990, 4, 123-131.
- L. DEGRAS, 1986. L'igname, plante à tubercule tropicale. Techniques agricoles et production tropicale. ACCT, 1986.
- R. DUMONT. 1980. Synthèses des études sur les tubercules de Haute-Volta, 1977, 1978, 1979. IRAT/DSA.
- R. DUMONT, P. HAMON, 1985. Une forme originale parmi les Dioscoreacées cultivées en Afrique de l'Ouest. L'igname de Pilimpikou. Communication personnelle.
- FAO, 1986. Role of roots, tubers and plantains in food security in sub-saharan Africa. Rapport au comité de sécurité alimentaire mondiale, 11<sup>e</sup> séance, 9-11 avril 1986, Rome, Italie. Fao, Rome, Italie, 21 p.
- O.O. OKOLI, I.C. ONWUEME, 1991. L'igname et la crise alimentaire en Afrique. *In* TERRY, E.R., AKORODA, M.O. et ARENE, O.B. Compte rendu du 3<sup>e</sup> symposium triennal de la société internationale pour les plantes-racines tropicales, direction Afrique. Du 17 au 23 août 1986, Nigeria, Ed. CRDI, 46-52.
- OLYMPIO, HK. 1982. Yam in Togo. *In* MIEGE J., LYONGA SN., éd. Yams. Ignames. OXFORD/Clarendon Press, 1982, 173-184.
- L. SOME, 1989. Diagnostic agropédoclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, le mil et le maïs. Thèse de doctorat de l'université de Montpellier sciences et techniques du Languedoc, 312 p.
- S. SOME, O. KAM, O. OUEDRAOGO, 1995. Contraintes à la production de l'igname au Burkina Faso. *In* Cahier Agricultures 1995, 4: 163-9.





# Les ignames de Guinée

F. CAMARA, S. KOUROUMA  
IRAG/Station de Bordo, BP 352, Kankan, Guinée

Parmi les plantes à racines et tubercules, l'igname est le deuxième produit vivrier après le manioc. Elle fait l'objet d'un commerce interne et externe avec une consommation de 50 kg/habitant/an.

## Zone de production

En raison de son exigence pédologique et climatique, la culture de l'igname est très répandue en Haute-Guinée, qui est sa zone de domestication, bien qu'elle soit cultivée dans d'autres régions de Guinée. Les préfectures de Kankan, Kérouané sont celles où la production est la plus élevée.

## Activités du programme de recherche

Depuis l'institution d'un programme national de recherche sur les ignames après les ateliers régionaux et nationaux de priorisation de la recherche en 1995, le programme a entrepris les activités suivantes :

- collecte ;
- caractérisation et évaluation ;
- introduction des variétés améliorées ;
- formation.

## Résultats

A l'issue des différentes missions de collecte, plus de 14 espèces d'igname ont été répertoriées sur l'ensemble du territoire. Ainsi, par la richesse de sa flore en igname, la Guinée appartient bien à la zone

dite de la ceinture d'igname ou *belt yam*. Parmi les espèces présentes, on distingue :

- les espèces sauvages : *D. abyssinica*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana*, *D. dumetoum*, *D. hirtiflora*, *D. liebrechtsiana*, *D. mangelotiana*, *D. munitiflora*, *D. praehensilis*, *D. preussii*, *D. quartaniana*, *D. sansibarensis*, *D. shimperana*, *D. smilacifolia*, *D. togoensis* .
- les espèces cultivées : *D. rotundata* et *D. cayenensis*, *D. alata*, *D. esculenta* et *D. bulbifera*.

La caractérisation des variétés de *Dioscorea rotundata* collectées a permis l'identification, selon la clé de caractérisation de la FAO 1986, de 10 groupes bien distincts : *Sopere*, *Kangba*, *Kponan*, *Waraga*, *Krengle*, *Terkokonou*, *Soussou*, *Kratchi*, *Grovota*, *Kaapè*.

Les résultats obtenus nous permettent de dire que le rendement moyen est de 8 à 10 t/ha en station et de 7 à 8 t/ha en milieu paysan.

La Guinée dispose d'un fort potentiel d'accroissement de production. La production en Haute-Guinée a un caractère dynamique, elle est sollicitée par une demande commerciale très importante.

La Guinée dispose de larges possibilités pour étendre sa production.

Des variétés améliorées ont été introduites de l'Ita (Nigeria) en vue de leur adaptation et de leur exploitation dans le milieu rural. A ce jour, les évaluations agronomiques et organoleptiques de ces variétés se font en station avant leur mise à la disposition des utilisateurs.

## Contraintes actuelles

La production se heurte à de nombreux problèmes : manque de matériel végétal performant, dégâts dus aux cochenilles et autres ennemis de

culture, mauvaise conduite des systèmes de production et de fertilisation, manque d'informations sur les techniques de transformation post-récolte.

## **Perspectives**

Les ambitions du programme sont de développer les aspects suivants :

- la collecte des ignames dans toutes les préfectures de la Guinée afin de réaliser une collection vivante nationale en station à Bordo, une conservation du

gerplasm de Guinée dans un laboratoire de vitro-plants;

- la caractérisation morphologique et enzymatique de toutes les variétés collectées ;
- l'évaluation multilocale de toutes les variétés collectées ;
- l'introduction et l'évaluation des variétés exotiques ;
- la poursuite des études sur la conservation des ignames ;
- le suivi complet du circuit de commercialisation ;
- la formation continue ;
- l'échange d'informations scientifiques avec les autres chercheurs d'autres pays.

# **R** Recherche sur l'amélioration de la culture d'igname au Tchad

L. MBAILAO KEMDINGAO  
DRTA/MDR, BP 441, N'Djamena, Tchad

## **I** Introduction

Parmi les plantes à racines et les tubercules, l'igname est le deuxième produit vivrier après le manioc. Il fait l'objet d'un commerce interne, avec une consommation d'environ 30 kg/an/habitant et tend à être une culture de base au Tchad. D'une façon générale, on peut dire que la recherche sur l'igname au Tchad a été limitée par le manque de moyens. La recherche envisagée pourrait s'orienter vers l'identification des principales variétés et leurs caractéristiques technologiques en plus de la mise en évidence des contraintes pour la production, de la transformation et de la distribution.

De par ses caractéristiques culturelles, la culture de l'igname est moins répandue que celle du manioc. La principale zone de production se trouve dans la partie méridionale du Tchad. La production reste exclusivement traditionnelle et très variable.

## **I** Zone agroécologique

En raison de son exigence sur les plans pédologique et climatique, la culture de l'igname est peu répandue dans le pays avec une prédominance dans la région du Moyen-Chari située à l'extrême-sud de la zone méridionale avec une pluviométrie moyenne de 800 à 1 200 mm.

Les zones importantes de production sont : Sarh, Moïssala, Kyabé, Maro, Danamadji. Ces zones fournissent en moyenne 45 % de la production nationale.

## **I** Structure du programme d'amélioration de l'igname

Comme toutes les plantes à tubercules et les racines, l'igname a été une culture longtemps marginalisée au Tchad. Cependant, la recherche sur l'igname est restée timide à cause du manque de moyens et les résultats relativement faibles ; le programme d'amélioration de la culture à la DRTA a débuté en 1994 et porte à la fois sur :

- la collecte des cultivars locaux ;
- la caractérisation, l'identification, l'évaluation de la résistance à la sécheresse, aux maladies et autres contraintes écologiques ;
- l'introduction des meilleurs cultivars.

## **I** Principales contraintes

Les contraintes à la production de l'igname sont multiples et variées et peuvent être classées en deux catégories.

### **Les contraintes liées à la recherche**

- insuffisance de chercheurs spécialisés et de techniciens de recherche ;
- manque de moyens mis à la disposition de la recherche ;
- quasi-absence de la structure de recherche ;
- carence de documentation spécialisée dans le domaine.

## Les contraintes liées à la production

Les contraintes liées à la production de l'igname au Tchad sont les plus importantes, particulièrement dans les zones de production.

On peut citer :

- l'insuffisance et l'irrégularité des pluies sont une menace constante pour la production de l'igname ;
- la faible fertilité des sols et la non-utilisation de la fumure minérale ou organique ne permet pas une meilleure expression des potentialités de rendement ;
- l'infestation marquée d'adventices et la chute des rendements ;
- 95 % des agriculteurs de la zone agroécologique précitée plantaient encore des variétés non améliorées ;
- le manque de techniques de conservation et de transformation ;
- le manque de main-d'œuvre pour l'entretien du matériel de plantation et des semences améliorées sur le plan botanique ;
- l'absence de phytotechnie : les pratiques culturales sont restées traditionnelles.

## Production et distribution du matériel de plantation

Selon les données statistiques officielles de la production au Tchad, l'igname représente 20 % de la production totale des racines et des tubercules.

Trois types d'ignames sont principalement cultivés :

- *Dioscorea cayenensis* (variétés : Haab, Karo, Kibinkiner, Dadjingone et Mbandogue) ;
- *Dioscorea alata* (variétés : Ngoul gla, Ngoul nda) ;
- *Dioscorea bulbifera* (variété : Ngoulkande).

Toutes ces variétés sont très appréciées par les consommateurs. A l'exception de *Dioscorea bulbifera* où la distribution du matériel se fait soit par des fruits, soit par des tubercules, les *Dioscorea alata* et *Dioscorea cayenensis* passent directement par des tubercules.

## Mécanisme de livraison des variétés à la vulgarisation

Compte tenu des difficultés que connaît la recherche, le mécanisme de livraison des variétés se

fait sous forme d'échange entre les paysans eux-mêmes.

## Technologie post-récolte des cultures et marketing

L'igname est souvent récoltée à maturité et conservée généralement deux à trois mois après la récolte. Les techniques de conservation sont :

- la conservation de tubercules dans un abri fermé et bien ventilé sans que les tubercules soient entassés les uns sur les autres ;
- l'attachement individuel des tubercules sur les branches d'arbres ou sur des piquets ;
- le stockage se fait dans un endroit frais et sec, sous un arbre ou dans une maison ou encore éventuellement dans une fosse creusée et recouverte de feuilles sèches.

Traditionnellement, certains paysans exposent leurs récoltes pendant quelques heures au soleil avant de les conserver, ce qui permet de prolonger la durée de conservation après récolte.

Au Tchad, l'igname est utilisée surtout comme nourriture ou vendue et fait l'objet d'un commerce interne et externe avec les pays voisins tels que la République centrafricaine et le Soudan.

## Les attentes

Le faible niveau de la recherche actuelle sur l'igname au Tchad est dû au manque de moyens. C'est pourquoi, aujourd'hui, le projet d'étude collaborative de l'igname en Afrique est une occasion d'aider chaque pays de la sous-région à déterminer, globalement, les priorités de la recherche sur l'igname et de faire des recherches spécifiques sur les sujets importants et déjà identifiés.

Ainsi, au Tchad, la recherche envisagée pourrait s'orienter vers :

- l'identification et la hiérarchisation des principales variétés locales cultivées appréciées par les paysans et les consommateurs ;
- la détermination des caractéristiques technologiques ;
- la mise en évidence de contraintes majeures de la production, de la transformation et de la distribution ;
- l'introduction de nouvelles variétés améliorées.

# L'igname au Congo

S. MIATEO

Cerag (Centre de recherches sur l'amélioration génétique des plantes)

Dgrst, BP Brazzaville, Congo

Situé au cœur du continent africain, à cheval sur l'Equateur, le Congo s'étend sur 342 000 km<sup>2</sup>. Il est limité au nord par le Cameroun et la République centrafricaine, au sud et à l'est par l'Angola et la République démocratique du Congo, et à l'ouest par le Gabon et l'océan Atlantique. Il est soumis au climat guinéen forestier au nord et au centre et au climat soudano-guinéen dans la partie sud. Deux formations végétales couvrent l'ensemble du territoire : les forêts (20 millions d'hectares) et les savanes avec 35 % de la superficie.

L'igname est utilisée depuis des temps reculés dans l'alimentation humaine mais également comme plante médicinale. Au Congo, deux espèces sont principalement cultivées :

- dans la savane du sud (zone de la Bouénza), à sol argilo-sableux, prédomine l'espèce *Dioscorea alata* avec 3 cultivars : cv *Mugenda* à tubercule allongé à chair blanche, cv *Nguvu* à tubercule subglobuleux à parenchyme médullaire blanc (la plus répandue) et cv *Mbungu-menga* à tubercule subglobuleux à parenchyme médullaire violet blanchâtre ou rougeâtre ;

- au centre sur les plateaux Téké (zone de Gamboma) à sol sablo-argileux, *Dioscorea cayenensis* prédomine avec un seul cultivar, cv *Akô* à tubercule allongé à chair jaune ou blanc.

Cinq autres espèces viennent s'ajouter aux deux précédentes, ce sont :

- *D. dumetorum* (*kichounia* ou *ngabala*), l'espèce cultivée est à chair jaune ou beige et très recherchée ;
- *D. burkilliana* (*nkoloba*) ;
- *D. liebrechtsiana* (*ntsinia*) dont les jeunes pousses et les parties jeunes des tiges sont très consommées comme légume ;
- *D. bulbifera* var. *bulbifera* et var. *anthropophagorum* ;
- *D. semperflorens*.

L'igname est très prisée par les consommateurs, elle est consommée sous diverses formes : bouillie à l'eau, braisée sans transformation ou séchée et écrasée en farine puis mélangée au soja pour les purées de nourrisson.

Brazzaville et Pointe-Noire sont les deux grands centres urbains de commercialisation, qui se passe aussi dans les centres secondaires situés le long du chemin de fer Congo-océan.

La culture de l'igname est limitée par :

- la petite taille des exploitations traditionnelles dont les rendements, encore faibles, ne permettent pas de répondre à une demande croissante ;
- les prix du marché qui restent élevés ;
- le manque de semences de qualité.

La culture de l'igname ne bénéficie pas encore, au Congo, d'une recherche importante. Cependant, des structures nationales s'impliquent depuis quelques années dans des programmes de recherche concernant l'igname :

- au Cerve des travaux importants sont menés sur la systématique par J.N. NKOUNKOU ;
- le Cerag a développé un solide programme sur les plantes à racines et tubercules et s'intéresse aux problèmes agronomiques et à la conservation de l'igname ; le centre, par le biais des biotechnologies, possède déjà en vitrothèque une trentaine d'espèces locales et étrangères provenant de l'Italie ;
- Agricongo s'intéresse à la transformation de ce produit ;
- le Cript travaille sur le séchage et la transformation.

Des atouts importants existent (demande accrue des consommateurs, recherche active malgré la modicité ou même le manque de moyens, demande de produits performants de la part des producteurs...). Ils ouvrent des perspectives nouvelles pour la promotion d'une culture de l'igname rentable au Congo.



# L'igname au Cameroun : contraintes de production, acquis de la recherche et perspectives pour l'avenir<sup>(1)</sup>

(1) Une publication du Programme national de plantes à tubercules (Cnrcip) du Cameroun.

J.M. NGEVE

Institut de recherche agronomique, BP 2123, Messa, Yaoundé, Cameroun

**Résumé** — Les recherches sur l'igname ont débuté juste après l'indépendance avec le lancement du « West Cameroon Yam Scheme » dont le but était de développer des variétés d'ignames et un ensemble de recommandations pratiques sur la culture de l'igname pour les cultivateurs camerounais afin de réduire les importations du Nigeria. Les espèces d'ignames les plus importantes sont *Dioscorea rotundata*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum* et *D. alata*. Les contraintes à la production d'ignames au Cameroun sont liées aux ravageurs : l'antracnose (*Colletotrichum glucocorticoides*), les nématodes (*Scutellonema brandys* et *Meloidogyne* spp.), les insectes (*Heteroligus meles* et *Stictococcus vayssierei*), ainsi qu'à des problèmes agronomiques (tuteurage, coût des semences), technologiques (durcissement de *D. dumetorum*, et manque de transformation), et une exigence élevée en fertilité de sol. Cet article présente quelques résultats obtenus après vingt ans d'expérimentation et examine un certain nombre de perspectives pour l'avenir.

**Abstract** — Yam in Cameroon: threats to production, progress made in research and perspectives for the future. Research on yam was undertaken immediately following the country's independence with the launch of the West Cameroon Yam Scheme. Its objective is the development of different varieties of yam and setting the framework of practical recommendations for yam for Cameroon growers, so as to attempt to reduce quantities imported from Nigeria. The most important yam species are *Dioscorea rotundata*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum* and *D. alata*. The threats specifically associated with yam production are anthracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), thread worms (*Scutellonema brandys* and *Meloidogyne* spp.), insects (*Heteroligus meles* and *Stictococcus rayssierei*), the agronomic (staking, cost of seeds) and technological issues (hardening of *D. dumetorum*, and lack of processing), and high demands on soil fertility. This article presents the results years of experimentation and examines perspectives for the future.

L'igname est la troisième plante à tubercule après le manioc et les aroïdées, cultivées au Cameroun ; les principales espèces d'igname étant l'igname blanche (*Dioscorea rotundata*), l'igname jaune (*D. cayenensis*), l'igname aqueuse (*D. alata*) et l'igname à trois folioles (*D. dumetorum*). L'igname aérienne (*D. bulbifera*) est cultivée surtout au sud du pays mais elle se trouve souvent non-plantée dans la forêt au sud du pays (tableau I). La distribution des espèces suit, à un certain degré, l'écologie (figure 1). L'igname à trois folioles, *D. dumetorum*, est beaucoup plus adaptée à la zone de savane de haute altitude (dans les provinces du nord-ouest et ouest) du pays, alors que *D. bulbifera* se trouve en grande quantité dans la zone forestière dans les provinces du sud-ouest, du littoral et du centre. Les ignames *D. rotundata*, *D. cayenensis* et *D. alata* sont des espèces cultivées dans presque toutes les zones agroécologiques du Cameroun (tableau II).

Il n'existe pas de produits de transformation de l'igname au Cameroun. L'igname est consommée principalement bouillie, elle est très peu pilée en *fufu* ou transformée. Dans les pays voisins, comme au Nigeria, les tubercules d'ignames sont transformés en farine qui est, ensuite, reconstituée en une pâte appelée *fufu* et en amidon pour les industries pharmaceutique et cosmétique.

En raison d'une production coûteuse (coût élevé du matériel végétal, exigence en fertilité du sol, en tuteurage, etc.), la consommation de l'igname blanche (*D. rotundata*) par la population rurale est très limitée, et cette espèce, considérée longtemps comme une

« nourriture de Blancs », est cultivée en grande partie pour le marché. Dans les villages, les petits tubercules sont consommés alors que les gros tubercules sont réservés pour le marché.

La production d'ignames au Cameroun est confrontée à des contraintes biotiques et abiotiques. Les tubercules sont attaqués au champ pendant le cycle végétatif ainsi que pendant le stockage (tableau III).

## La recherche sur l'igname au Cameroun

### Historique

Avant l'indépendance en 1960, le Cameroun importait de grandes quantités d'ignames du Nigeria voisin. La fuite des capitaux pour l'achat d'igname a conduit le gouvernement du Cameroun occidental à créer le « West Cameroon Yam Scheme » qui avait pour missions principales, la collecte de variétés d'ignames à l'intérieur et à l'extérieur du territoire, l'étude de leur comportement et leur adaptation aux conditions du pays, le développement des méthodes culturales et la préparation de recommandations techniques pour les paysans camerounais. Ces recherches nécessitaient une bonne coordination pour pouvoir répondre aux problèmes de l'ensemble du pays. Ces considérations ont abouti à la création du Programme national des plantes à tubercules en 1977 dont l'un des buts était de développer des variétés améliorées du manioc (*Manihot esculenta*), du macabo (*Xanthosoma sagittifolia*), du taro (*Colocasia esculenta*), de l'igname (*Dioscorea* spp.), de la patate douce (*Ipomoea batatas*) et de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*).

## Matériels et méthodes

### Collection et évaluation des acquisitions d'ignames

Les recherches les plus intensives sur cette culture ont été menées en agronomie, dont les détails sont rapportés par LYONGA (1976). Ces études ont commencé avec la constitution d'une collection massive. Cette collection, faite entre 1969 et 1974, comprenait 114 cultivars représentant 9 espèces de *Dioscorea*. Par ailleurs, des accessions ont été importées du Nigeria et de la Guadeloupe aux Antilles. Ces accessions ont été évaluées à Mfonta (1 330 mètres d'altitude), Ekona (424 m) et à Santchou (720 m). A partir d'une classification de ces accessions, une sélection

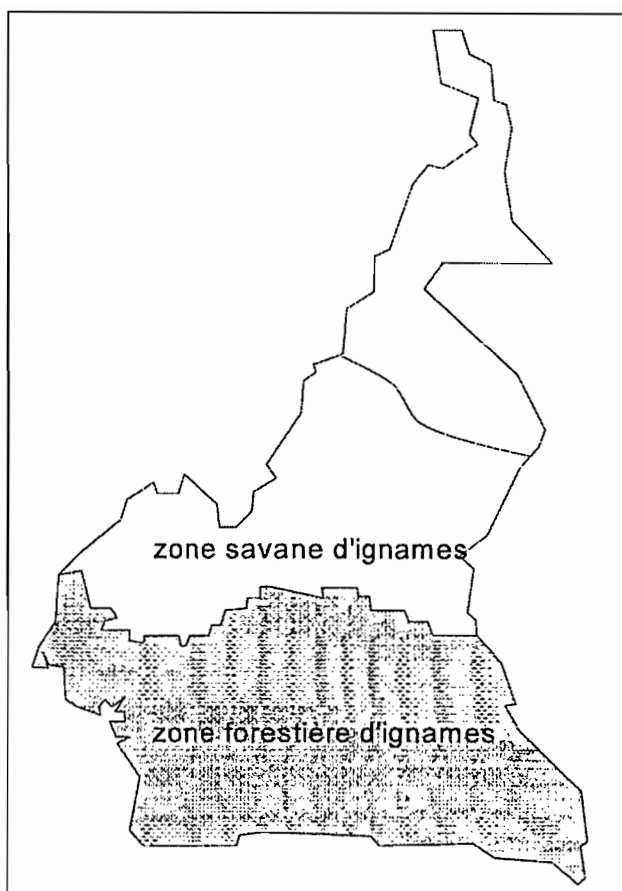


Figure 1. Carte du Cameroun montrant les zones de production des ignames.

Tableau I. Les principales espèces d'igname cultivées et leurs utilisations au Cameroun.

Espèce	Principal utilisateur/utilisation
<i>D. alata</i>	Consommation rurale, marché
<i>D. bulbifera</i>	Consommation rurale
<i>D. cayenensis</i>	Marchés national et régional
<i>D. dumetorum</i>	Commercialisation locale
<i>D. rotundata</i>	Marchés national et régional

Tableau II. Production d'ignames dans les différentes provinces du Cameroun.

Province	Principales espèces cultivées
Adamaoua	<i>D. rotundata</i>
Nord-ouest	<i>D. rotundata</i> , <i>D. dumetorum</i>
Ouest	<i>D. rotundata</i> , <i>D. dumetorum</i>
Sud-ouest	<i>D. rotundata</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. dumetorum</i>
Littorale	<i>D. rotundata</i>
Centre	<i>D. rotundata</i> , <i>D. cayenensis</i>
Sud	<i>D. rotundata</i> , <i>D. cayenensis</i>
Est	<i>D. rotundata</i>



de variétés élités de quatre espèces — *D. bulbifera*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum* et *D. rotundata* — a été réalisée.

### Etudes sur les techniques culturales

Les études ont été effectuées sur des techniques culturales pour mieux comprendre le temps optimum de plantations, les méthodes de préparation du sol, le tuteurage et la fertilisation de l'igname.

### Sélection et amélioration de *D. dumetorum* contre le durcissement

Une collection de 34 acquisitions de *D. dumetorum* a été maintenue et évaluée à Njombé. Un bloc de croisements a été établi afin d'obtenir des descendance hautement productives et à durcissement lent. Il était composé de deux cultivars de *D. dumetorum*, cv *Muyuka*, à durcissement lent, mais rendement faible, et cv *Jakiri*, à durcissement rapide, mais rendement élevé.

### Etudes de technologie post-récolte et stockage

Pour réduire les pertes post-récoltes chez l'igname, des études ont été conduites sur la transformation des tubercules en farine. Au Nigeria, les tubercules de *D. rotundata* sont transformés en farine. Mais lorsqu'elle est préparée en *fufu*, celui-ci noircit. Dans nos études, nous avons développé une technique dans laquelle les tubercules sont prétraités à la chaleur pour inactiver l'enzyme polyphénolase présent dans les tubercules. Les tubercules sont ensuite séchés et utilisés pour la préparation de farine. Cette technique empêche le noircissement de la farine.

### Les études socio-économiques

Plusieurs études ont été conduites pour déterminer le coût de production d'igname, évaluer la rentabilité pour le petit paysan d'entreprendre la culture

d'igname, et estimer le profit, pour le commerçant, de la commercialisation des ignames.

## Résultats et discussion

### Collection et évaluation des acquisitions d'ignames

Dans les 114 acquisitions, parmi lesquelles on trouvait 19 cultivars importés, on a identifié 63 cultivars. *D. alata* et *D. cayenensis* avaient les plus grands nombres d'acquisitions, suivis de *D. dumetorum* et *D. rotundata*. On n'a pu obtenir que deux accessions de *D. liebrechtsiana*, ce qui montre que l'introduction ou la domestication de cette espèce n'est pas encore établie au Cameroun (tableau IV). Suite aux tests multilocaux et aux analyses chimiques, quelques cultivars élités ont été choisis pour des expérimentations approfondies (tableau V).

Les cultivars *D. alata*, *D. cayenensis* et *D. dumetorum* ont donné les rendements les plus élevés dans les tests multilocaux (tableau V). Mais en considérant l'acceptabilité auprès des consommateurs, trois espèces ont été choisies pour des tests élargis dans les différentes régions du Cameroun. Dans ces tests, le cultivar *Jakiri* du *D. dumetorum* a été le plus performant (tableau VI).

### Etudes sur les techniques culturales

#### PRÉPARATION DE TERRAIN

Pendant trois années successives, on n'a pas détecté de différences significatives en rendements de l'igname blanche (*D. rotundata*) que la plantation soit pratiquée à plat ou sur les billons (tableau VII).

#### DATE OPTIMUM DE PLANTATION DES IGNAME

**Tableau III.** Principales contraintes de production d'igname au Cameroun.

Contrainte	Principaux exemples	Espèce/exemple spécifique
Maladies	Anthraxnose, pourriture de tubercules	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Botryodiplodia theobromae</i>
Nématodes	Nématode d'igname « Root knot » « Nématode de lésion »	<i>Scutellonema bradyi</i> <i>M. incognita</i> , <i>M. hapla</i> <i>Pratylenchus coffeae</i>
Insecte en champs	Cochenille de racine	<i>Stictococcus vayssierei</i>
Insecte de stockage	Scarabée d'igname	<i>Heteroligus meles</i>
Agronomique	Tuteurage	Plus sévère en zone savane
Technologique	Durcissement	Plus sévère pour <i>D. dumetorum</i>
	Manque de transformation	Toutes les espèces
Manque de semences	Coût du matériel végétal	Moins sévère pour <i>D. dumetorum</i>
Exigence en fertilité	Sols ferrallitiques du Sud	Ultisols et oxisols

**Tableau IV.** Les espèces d'ignames étudiées et classifiées en cultivars au Cameroun.

Espèces	Nombre de types étudiés	Cultivars élités sélectionnés et leur zone d'adaptation
<i>D. alata</i>	23	Aucun (dû à l'anthracnose)
<i>D. bulbifera</i>	10	Aucun d'une importance économique
<i>D. cayenensis</i>	23	<i>Batibo</i> jaune pour haute altitude (C169)
<i>D. dumetorum</i>	18	<i>Jakiri</i> (D569) pour les hautes altitudes
<i>D. esculenta</i>	3	Aucun adapté aux plateaux d'altitude
<i>D. liebrechtsiana</i>	2	Aucun adapté aux plateaux d'altitude
<i>D. rotundata</i>	15	<i>Oshie</i> , <i>Mbot</i> , <i>Bonakanda</i> , <i>Ogoja</i>
<i>D. shimperiana</i>	6	Aucune d'une importance économique
<i>D. trifida</i>	8	Aucune adapté aux plateaux d'altitude, Inra 25, Irat 29 adaptés à Ekona

Source : adapté de LYONGA et AYUK-TAKEM (1982).

**Tableau V.** Performances des acquisitions d'ignames dans deux localités du Cameroun.

Espèces	Nombre d'acquisitions	Rendements moyens (t/ha)			
		Année 1		Année 2	
		Min	Max	Min	Max
<i>D. alata</i>	25	2,5	65,6	2,0	55,0
<i>D. bulbifera</i>	11	24,4	51,9	6,0	15,0
<i>D. cayenensis</i>	17	2,5	41,3	2,7	46,0
<i>D. dumetorum</i>	18	4,4	17,5	8,04	5,0
<i>D. esculenta</i>	6	9,4	21,9	11,0	24,0
<i>D. rotundata</i>	9	3,1	16,9	5,0	14,0
<i>D. shimperiana</i>	5	1,9	10,6	17,0	22,0
<i>D. librechtsiana</i>	2	28,8	33,8	19,0	44,0

Source : Adapté de Cnrcip (1983, 1984).

Dans la zone de savane de haute altitude du Cameroun, les rendements de l'igname blanche (*D. rotundata*) ont baissé respectivement de 16, 40, 75 et 82 % lors de la mise en place de cette igname en février, mars, avril ou mai, ce qui confirme que dans cette zone, il importe de planter en décembre avant l'arrivée des pluies (tableau VIII).

#### TUTEURAGE D'IGNAME

Les études ont montré que seules les espèces *D. rotundata* et *D. cayenensis* nécessitent un tuteurage ; leur rendement ont augmenté respective-

**Tableau VI.** Performances de trois espèces d'ignames en tests multilocaux.

Espèce	Cultivars	Rendement (t/ha)	Protéine brute (%)
<i>D. cayenensis</i>	<i>Batibo</i>	20,0	7,4
<i>D. dumetorum</i>	<i>Jakiri</i>	35,5	9,4
<i>D. rotundata</i>	<i>Oshie</i>	22,0	8,2
	<i>Mbot</i>	19,0	-

Source : adapté de LYONGA et AYUK-TAKEM (1982).

**Tableau VII.** Effet de la préparation du sol sur les rendements de *D. rotundata*.

Méthode de préparation du sol	Paramètre mesuré		
	Rendement total (t/ha)	Tubercules endommagés (%)	Rendement commercialisable (%)
Plat	17,0	6,4	15,9
Billon	15,7	0,2	15,7

Source : adapté de LYONGA et AYUK-TAKEM (1982).

**Tableau VIII.** Effet de la date de plantation sur le rendement (t/ha) de *D. rotundata* dans les savanes de haute altitude.

Date de plantation	Partie de tubercules utilisée comme semenceau	
	terminal	basal
Décembre	31,0	25,8
Février	26,1	21,7
Mars	18,5	15,4
Avril	7,6	6,4
Mai	5,6	4,7

**Tableau IX.** Baisse de rendement de l'igname (*D. rotundata*) causée par son association avec le maïs, dans la savane de haute altitude du Cameroun.

Traitement	Rendement igname (t/ha)	Réduction de rendement d'igname (%)
Igname seule	12,2	-
Igname + 1/2 maïs	7,4	39,0
Igname + maïs	5,2	57,3

ment de 52 et 39 %. L'igname à trois folioles, ayant une morphologie différente, n'est pas exigeante en tuteurage.

#### L'ASSOCIATION IGNAME-MAÏS-ARACHIDE

Dans cette association, le maïs ombrage les ignames ; en conséquence, il cause une baisse significative des rendements chez l'igname (tableau IX).

## ÉTUDE DE FERTILISATION

Dans les sols colluviaux des hauts plateaux de l'Ouest, les ignames ont montré une réponse positive à l'application de l'azote. Seul le cultivar *Oshie* de *D. rotundata* a montré une réponse à l'application du potassium (tableau X). Ces études ont montré que l'utilisation des engrais est économique bien qu'actuellement, leur coût sur le marché constitue un facteur limitant à leur utilisation par les petits paysans.

## Sélection et amélioration de *D. dumetorum* contre le durcissement

Cette espèce d'igname, appelée « l'igname de voyageurs » au Cameroun, est beaucoup cultivée en zone de savane d'altitude. Les tubercules sont bouillis et vendus sur les routes où les voyageurs les achètent et les consomment, pour ceux qui arrivent à en rapporter quelques-uns à la maison, avec ou sans sauce. Malheureusement, les tubercules de cette espèce, une fois récoltés, durcissent s'ils ne sont pas cuits dans les trois jours qui suivent, en raison de leur sensibilité à la lumière. Il semble que des enzymes contenus dans les tubercules soient réactivés lors de l'exposition à la lumière. Compte tenu de l'importance de cette espèce, le Programme tubercules du Cameroun a entrepris des études dont l'objectif est d'obtenir des variétés pouvant être stockées plus longtemps après la récolte. Deux variétés ont été identifiées, le cv 'Muyuka' (de rendement faible mais à durcissement lent) et le cv 'Jakiri' (à durcissement rapide mais d'un rendement élevé). Les croisements ont été faits parmi les deux variétés pour pouvoir obtenir des descendances hautement productives et moins sensibles au durcissement, et donc susceptibles d'être stockées pendant plus longtemps après la récolte. Les descendances obtenues jusqu'ici ne sont pas encore satisfaisantes et les études se poursuivent.

**Tableau X.** Augmentation (%) de rendements de trois espèces d'igname par l'application de l'azote et du potassium dans les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun.

Espèce	Azote (unités/ha)	Potassium (unités/ha)
	200	120 240
<i>D. cayenensis</i> (Batibo)	18,0	0 0
<i>D. dumetorum</i> (Jakiri)	25,0	0 0
<i>D. rotundata</i> (Oshie)	21,0	13,4 22,5

## Etudes de technologie post-récolte et stockage

Le *fufu* préparé à partir de la farine d'igname n'était pas élastique, caractéristique exigée par le consommateur camerounais. Pour résoudre ce problème, des farines d'igname mélangées avec de l'amidon de manioc, de la farine de soja, et de la farine de blé, ont été testées pour leur aptitude à la préparation du *fufu* et les goûts et textures évalués par un groupe de neuf consommateurs. Les résultats ont montré que le mélange obtenu avec de la farine d'igname et 30 % de farine de blé ont donné les meilleures caractéristiques du *fufu* (tableau XI).

## Les études socio-économiques

L'analyse d'une enquête (ACQUAR et NGANJE, 1994) réalisée auprès de 69 planteurs du département du Fako dans la zone forêt humide monomodale a montré que 97 % de la production d'igname sont transportés sur la tête du champ à la maison, et 85 % de la maison au marché par des véhicules de location. La superficie moyenne d'une exploitation paysanne est de 0,43 ha, fragmentée en 1 à 5 champs, et presque 91 % de la main-d'œuvre est familiale.

**Tableau XI.** Farines composées à base d'igname blanche, capacité de rétention d'eau et texture/goût.

Ignames	Farines composées			Capacité de rétention de l'eau (%)	Goût texture (% de fréquence)
	Amidon de manioc	Farine du soja	Farine de blé		
100	0	0	0	125	44
90	5	5	0	180	26
90	0	0	10	140	56
80	0	0	20	168	76
70	0	0	30	188	88
<i>Fufu</i> pilé	-	-	-	-	96

Source : adapté de Cnrcip (1983).

L'étude conclut que la production de l'igname est économiquement rentable au Cameroun, mais souligne que cette activité requiert un fond de roulement très élevé, ce qui n'est pas toujours à la portée des paysans.

### **Evaluation des vitroplants et microtubercules des variétés améliorées de *D. rotundata***

Le travail d'amélioration de l'igname, espèce propagée par voie végétative, a été complexe et retardé en raison d'une méconnaissance sur la biologie florale de cette espèce. Après de nombreuses études menées à l'IITA au Nigeria, cet obstacle a été levé, et le programme d'amélioration d'igname de l'IITA a fourni un soutien technique à de nombreux systèmes nationaux de recherche agricole. Cela a permis le début de programmes d'amélioration de cette culture dans différents pays africains.

Au Cameroun, des efforts ont été fournis sur l'évaluation de variétés locales et de *D. rotundata*, développées à l'IITA (Nigeria) et envoyées au Cameroun sous forme de vitroplants et microtubercules.

### **Protection des végétaux**

En général, par rapport aux autres plantes à tubercules cultivées au Cameroun, il y a peu de problèmes de phytologie chez l'igname. Des enquêtes sur les maladies et les insectes attaquant l'igname ont été menées dans toute l'étendue du territoire. Ces enquêtes ont montré que la maladie la plus importante est l'anthracnose (causée par *Colletotrichum glucocorticoïdes*), plus sévère pour les espèces *D. alata* et *D. rotundata*, suivie de deux genres de nématodes (*Scutellonema* *brandys* et *Meloidogyne* spp.) qui attaquent toutes les espèces d'ignames, mais plus sévèrement les espèces *D. alata*, *D. rotundata* et *D. dumetorum*.

Le grand scarabée (*Heteroligus meles*), présent sur tout le territoire, attaque principalement les tubercules stockés. Tout récemment, un insecte polyphage, la cochenille des racines (*Stictococcus vayssierei*) s'est révélé le principal ravageur attaquant toutes les variétés d'ignames en zone forestière.

### **Perspectives pour l'avenir**

#### **Amélioration de l'igname à trois folioles**

Les méthodes de recherches conventionnelles qui ont été utilisées jusqu'à présent apparaissent insuffisantes ou lentes pour mieux résoudre le problème majeur

du durcissement de l'igname à trois folioles, *D. dumetorum*. Il existe actuellement des techniques sophistiquées de biotechnologie qui pourraient être utilisées pour résoudre ce problème.

### **Fertilisation**

L'igname, surtout *D. rotundata* est très exigeante sur la fertilité des sols, et les rendements de nombreuses variétés sont très faibles en l'absence d'engrais inorganiques, essentiellement le potassium et l'azote. Compte tenu du fait que ces engrais ne sont plus subventionnés par l'Etat, des études sur l'utilisation de fertilisants organiques à grande échelle chez les paysans sont urgentes. Parallèlement, il faudra identifier les mycorhizes colonisant l'igname qui pourraient suppléer les quantités des fertilisants utilisés dans la nutrition de l'igname chez les paysans.

Compte tenu de leurs effets sur la rhizosphère, il est nécessaire d'engager des études sur les interactions des nématodes et des mycorhizes à vésicules et arbuscules, pour évaluer leur utilisation dans la lutte contre les nématodes.

### **Phytotechnie**

Les interventions possibles dans ce domaine seraient les suivantes :

- intensifier les études sur les variétés d'ignames moins sensibles au tuteurage (*non-staking types*) ;
- intensifier les études sur l'utilisation des pieds de plantes naturelles comme tuteurs, et d'autres solutions aux tuteurs traditionnels, telles que les treillis en fer. Ceux-ci sont importants surtout en zone de savane où il n'y a pas assez d'arbres ;
- intensifier les études sur la vulgarisation des technologies appropriées de l'igname.

### **Semences d'igname**

Pour résoudre ce problème il faudrait étudier :

- l'adaptation de la technique des mini-fragments aux conditions paysannes, c'est-à-dire, le développement de produits moins coûteux pour traiter les mini-fragments afin d'augmenter le taux de croissance de plantules provenant des mini-fragments ;
- l'économie de la production de semences chez l'igname pourront encourager des paysans à devenir les producteurs spécialisés en semences ;
- la production par culture de tissus de microtubercules à partir de tubercules mères ;
- la production par culture de tissus de microtubercules à partir de tiges de plantes.

### **Transformation des ignames**

Dans ce domaine, les études sont nécessaires sur les thèmes suivants :

- développement des produits de transformation ; utilisation de l'igname en boulangerie ;

- développement des petits équipements de transformation pour les petits paysans ;
- intensification de la vulgarisation des produits de transformation ;
- développement des variétés de *D. alata* (espèce hautement productive), appropriées pour la production de farine et amidon.

### Etudes socio-économiques sur la production et la commercialisation des ignames

- études économiques de la préparation des sols et entretien de la culture ;
- études économiques sur la production de semences ;
- études économiques sur la production de l'igname de table, et de la transformation ;
- études de commercialisation et des marchés pour l'igname.

### Utilisation des ignames sauvages

Les espèces sauvages de l'igname peuvent fournir des génotypes pour :

- la production des saponines et sapogénines utilisées en médecine et dans l'industrie pharmaceutique ;
- servir comme donateurs de gènes de résistance contre l'antracnose et les nématodes.

## Conclusion

Les aspects agronomiques et phytotechniques de l'igname sont mieux compris au Cameroun. D'autres domaines, notamment la phytiatrie et la génétique n'ont pas été assez recherchés. Le problème du durcissement de l'igname à trois folioles (*D. dumetorum*) mérite encore une attention particulière au regard de l'importance de cette espèce au Cameroun. Ces recherches pourront être abordées à l'aide de techniques modernes de biotechnologie. Enfin, les technologies post-récoltes chez *D. rotundata*, *D. alata* et *D. dumetorum*, ainsi que l'économie de la commercialisation sont les thèmes de recherche les plus urgents pour résoudre les problèmes des exploitants agricoles au Cameroun.

### Remerciements

Les travaux présentés ici ont été effectués par les chercheurs suivants du Programme national des plantes à tubercules, notamment S.N. Lyonga, H.J. Piffer, J.B.A. Whyte, S. Nzietchueng, A. Agueguia, J. Ambe Tumanteh, F.A. Numfor, P.N. Sakwe, M. Tchuanyo, S. Zok, E.A. Acquah et W.E. Nganje. Je les remercie profondément pour leur contribution.

## Références bibliographiques

- ACQUAH E.T, NGANJE N.W., 1991. The economics of yams (*Dioscorea* spp.) production in Cameroon: the case of Fako Division. In Tropical Root Crops in a Developing Economy, F. OFORI and HAHN S.K.(Eds.). Proceedings of the Ninth Symposium, International Society for Tropical Root Crops, 20-26 October 1991.
- CNRCIP, 1983. Annual report of the Cameroon National Root Crops Improvement Program, Institute of Agronomic Research, Njombe, Cameroon.
- CNRCIP, 1984. Annual report of the Cameroon National Root Crops Improvement Program, Institute of Agronomic Research, Njombe, Cameroon.
- LYONGA S.N., 1976. Production investigations on edible yams in the Western and Northwestern highland region of Cameroon. PhD thesis, University of Ibadan, Nigeria.
- LYONGA S.N., AYUK-TAKEM J.A., 1982. Investigations on selection and production of edible yams (*Dioscorea* spp.) in the western highlands of the United Republic of Cameroon. In Ignames, yams, MIEGE J. et LYONGA S.N. (Eds). International Foundation for Science, Clarendon Press, Oxford, UK.
- NGEVE J.M., 1994. Variability in root and tuber crops and its potential in generating genotypes for sustainable development. First National Seminar on Plant Genetic Resources Conservation, Yaounde, Cameroon, 1994.



# **P**roduction constraints and available technologies for food yam (*Dioscorea* spp.) production in Nigeria

G. C. ORKWOR

NRCRI, National Root Crops Research Institute, Umudike, PMB 7006, Umuahia, Abia State, Nigeria

A. A. ADENIJI

Program Manager NSS-CMP Ijebu-Ife, Ogun State, Nigeria

Domestication of food yams especially *Dioscorea rotundata* (white guinea yam) in Nigeria and indeed the West African yam belt dates back to palaeolithic ages, several thousands of year ago. Nigeria especially south Nigeria is believed to have the eldest yam civilization (UZOZIE, 1971) and also a center of origin for white guinea yam (ONWUEME, 1978; HAHN *et al.*, 1987 and ORKWOR, 1982) as well as for bio diversity. Studies conducted in eastern Nigeria (LAGEMANN, 1977) showed that yam constituted on the average about 32% of farmers gross income derived from arable crops. Its production and consumption are tied up with the socio-cultural lives of the people (COURSEY and COURSEY, 1971; COURSEY, 1976 and ORKWOR *et al.*, 1991).

Despite the adaptation of the crop to the production areas in the country resulting from long period of cultivation for several thousands of years, yam still has a number of peculiarities that constitute constraints to its production.

This paper discusses these production constraints and reviews available technologies developed to ameliorate these constraints so far for sustainable food yam production in Nigeria.

## **C**onstraints in yam production

Yam has special peculiarities that constitute constraints in its sustainable production. These could be considered under the following.

### **Soil fertility requirement**

Yam is a very demanding crop in terms of good fertile well drained deep friable soil. Yam performance in the field is therefore affected by the morphological properties of the soil (ORKWOR *et al.*, 1996).

In the past farmers achieved the required soil fertility leading to some measure of good tuber yield through the use of long fallow periods ranging from 5-7 years. As a result of pressure on available land, fallow system has been reduced to a minimum (2-3 years) in most yam zones especially in the rain forest zones and farmers are now coming face to face with intensive yam production system. In low input technology farming as we have in Nigeria, increase in production has been by expanding areas under production instead of increase in yield per unit area.

Studies have shown (OLAYIDE, 1972) that only about 14% of yam potential yield was achieved by farmers in Nigeria in the early fifties. This leaves room for wide range of tuber yield improvement in yam, which could be achieved by use of improved healthy planting materials and improved agronomic production practices. Consequently yield of yam in Nigeria has improved in the farmers field from 5-7 t/ha in the fifties to 11.3 t/ha in 1982 and 12.1 t/ha in 1986 and declined to 10.92 t/ha in 1987 (FAO, 1988). In Nigeria yam tuber yields are generally higher on per hectare basis in Southern guinea Savannah 9- 14 t/ha (DOROSH, 1988) but bigger tubers (Ceremonial yam tubers) are produced in forest zone.

Yields of 25-35 t/ha have been obtained in well managed research farms (HAHN *et al.*, 1987). Such

high yields are achieved under good soil management systems. Soil physical properties that are of utmost importance in yam production have been discussed in details by ORKWOR and ASADU (1996). These factors include particle size distribution, hydraulic conductivity bulk density, water holding capacity and pore-size distribution. Loamy soils appear to be the best for yam production (NWINYI, 1981). According to EZUMAH (1986), yams require well pulverised, loose soils, consistence with high organic matter levels, for the easy penetration and swelling of the tubers. Studies by KANG *et al.*, (1991) show that major upland soils in the yam zones of West Africa Including Nigeria are made up of Low Active Clays (LAC). These are Alfisols, Altisols and Auxisols. Altisols are less leached and have high base saturation and are more dominant in the sub humid zones. Although they are more fertile they have low structural stability and form the bulk of yam soils in the Guinea Savannah zones.

The major constraints on these LAC soils according to KANG *et al.*, (1991) for sustainable yam production could be removed by proper seed bed and residue management, judicious use of inorganic fertilizers, adjustment of pH-levels through the use of liming and use of minimum tillage and or alley cropping.

## Seed yams (planting materials)

The requirement for large quantities of seed yams (small yam tubers or setts from tubers) as planting material is a serious constraint that limits the size of yam farm a farmer can plant up in a season. Unlike other roots and tuber crops where non-edible parts are used as planting materials seed yam tubers are the edible part of yam. As much as 10 000 seed yams of 150-200 g are required to plant up one hectare of land for production of ware yams. This amounts to 1.5-2.0 t/ha of edible yams. For seed yam production where setts of 25 g are planted we require as many as 60 000 setts per hectare and this is also equivalent to 1.5 tonnes of edible yam tuber setts. Planting materials may exceed 50% of production costs in some cases (ORKWOR and ASIEDU, 1995). At planting season March-May, seed yams are expensive and scarce to get, depending on what part of the yam growing zones one is. Seed yam sizes popularly known as Kokoro in the Republic of Benin and some adjoining towns in Nigeria like Ilesha Baruba and Chikanda in Kwara State are used for the production of yam chips usually processed into flour for preparation of amala; a food form in high demand in Western Nigeria. Farmers have to set aside 25-30% of their production in form of seed yams for planting in the next cropping season. Yam has a low multiplication ratio of 1:4 when compared to grain crops. Yam is a long season crop and grows for 7-10 months making

it possible to grow only one crop in a year and as rain-fed crop.

A turning point in seed yam production was made by the National Root Crops Research Institute Umudike in Nigeria which developed the yam Minisett technique for massive seed yam production in 1982 (OKOLI *et al.*, 1982). This technique was developed to ensure seed yam availability at affordable prices to farmers. The technique increased multiplication ratio of yam from 1:40 (ORKWOR *et al.*, 1996). The method has been found economically viable and has been widely disseminated to farmers who now produce their own planting materials. In the technique 25 g setts are cut from tubers and treated with yam minisett dust (insecticides, nematicides and fungicides) to protect the setts from soil borne pathogens before planting. Each sett is capable of producing a normal size seed yam of about 250 g or more with an efficiency of over 65%. The International Institute of Tropical Agriculture contributed to the minisett technology by introducing presprouting technique of the setts before planting out in the field and the use of plastic mulch which gives a more uniform crop establishment in the field. The limitations to these introduction were cost of plastic mulch and handling and transportation of the setts to the field. Farmers however now use the direct method of planting the setts in the field. Based on feed back from farmers the NRCRI has embarked on increasing the sett sizes up to 30 g to improve on the efficiency of acceptable seed yam sizes produced using the technique. The plant population has also been increased to 60 000/ha from 40 000 originally used. Ongoing research in the Institute also seeks to improve on the technique through the production of micro whole tubers; 10-25 g, that could be packaged as in the case of potatoes for easy transportation to long distances in the yam zone. These micro-whole tubers may not need the use of minisett dusts (thus cutting down the cost of production) and can be used for the production of normal seed yam sizes. Work is on also in the Institute to source for local raw materials; plants and herbs to be used as minisett dust also aimed at cutting down on production costs. To this effect candidate materials have been screened and three compounds have been found as effective as the original Institute dust made from imported chemicals (EMEHUTE *et al.*, 1995).

## High labour requirement

Yam is a high labour demanding crop, ranging from 300 to over 400 man days (of 8 hours per day) for one hectare of yam depending on the variety and zone of production. This high labour requirement goes into the essential production operations such as land clearing, land preparation (making mounds or



ridges), planting the seed yams, procurement of stakes, and staking, training the vines on the stakes, weeding, harvesting and transportation of produce from field to barn, as well as curing; post harvest handling and storage.

Yam is generally intercropped with other arable crops which have in most cases included maize, vegetables and other root and tuber crops such as cassava, cocoyam and various types of beans. This makes the use of complete mechanisation in yam not practicable.

In the past one and a half decades, scientists at the National Root Crops Research Institute (NRCRI) at Umudike, IITA and other collaborating National Agricultural Research Systems (NARS) have made appreciable in-roads in cutting down on labour requirements in yam production. These include the development and selection of bunchy types of yams that may not require stakes and staking even in the forest zones. It is important to note here that yams in the current major areas of production in the guinea Savannah ecological zones in the country are not staked. Critical periods of weed interference in yam both for ware and seed yams have been determined (UNAMMA *et al.*, 1981; ORKWOR *et al.*, 1992). It has been found that there is no economic advantage in keeping yams weed-free throughout the growing periods. The critical period of weed removal in both ware yam and seed yam production are 4-16 weeks after planting (WAP) and 6-16 WAP respectively. After these periods tuber yield reductions due to uncontrolled weeds are not significant. The first 10 WAP weed-free period can be achieved using recommended pre-emergence herbicides. Yam can be produced in zero tillage systems especially in rain forest midwestern states of Nigeria, thus cutting down on labour cost required for tillage and making of ridges and mounds. The National Root Crops Research Institute Umudike has developed improved yam barn for storage of both seed yams and ware yams. This barn has an efficiency of 40-65% over the traditional yam barns used by traditional farmers. Further Improvement on the barn is an ongoing research to exclude the entry of rodents and domestic animals into the barn and to exclude direct rain drops on the yam tubers tied up on racks thus prolonging the shelf life of stored yam tubers.

### **Requirement for fertile soils. Dwindling fallow periods**

Nigeria has the oldest culture and civilization in yam production. Traditional techniques though practiced under low input agricultural systems have been learnt over several centuries from their fore fathers by the rural farmers who produce the bulk of yams in

Nigeria. Hitherto, the required fertile soils needed for good crop of yam production were provided by forest soils under long fallow periods of about 7 years. Since increased pressure has been brought to bear on available farm land due to ever increasing human population and other uses of land, this has led to cutting down forests and reduction in fallow periods. Consequently yam is now subjected to intensive cropping systems. In order to meet the soil fertility requirement for yam, scientists in Nigeria have undertaken to calibrate yam soils and recommend nutrient requirements that could be provided by inorganic, and where available, organic fertilizers to farmers.

Plant population density is very crucial to the overall yield of root and tuber crops on per hectare basis. In the past, farmers used largely mounds for yam production. Some of the mounds may reach 2.5 x 3 m x 1 m and carry about 2-3 seed yams, giving a plant population of about 4 000/ha as opposed to the recommended rate of 10 000/ha. This low plant population density results in low per hectare productivity in the farmers field. The use of ridges or well laid out geometrical distances of 1m x 1m gives plant density of 10 000/ha and increases the overall productivity on per hectare basis. Recent research findings at the NRCRI Umudike (ORKWOR *et al.*, 1995) show the optimum planting population density for seed yam production using minisett technique is now 60 000/ha instead of the earlier recommendations

New cultural practices that favour sustainable yam production include therefore the use of optimum plant population density, timely planting (March-May) in the humid/sub-humid tropics, use of healthy seed yams or tuber setts, development of bunchy types of yam that may not require staking eg. UM 680 (*Dioscorea alata*) and use of appropriate rates of recommended inorganic fertilizers.

## **Pests and diseases of yam**

Pests and diseases especially, weeds, viruses, fungi, insects and nematodes militate against yam production in Nigeria. As a result of the climbing nature of yam stems (vines) on stakes, lots of open niches are left on the ground in yam field which are easily exploited and occupied by weeds.

### **Weeds**

Yam is susceptible to uncontrolled weeds for about 2/3 of its growth period in the field. Uncontrolled weeds could depress tuber yield in yam by up to 90% and could cause total crop failure in extreme cases (ONOCHIE, 1974; AKOBUNDU, 1981; UNAMMA

et al., 1981, and ORKWOR et al., 1991). As many as four hand-weedings (AKOBUNDU, 1981) distributed at 4, 8, 12 and 16 weeks after planting are required (ORKWOR et al., 1993) to get a good crop of yam depending on the cropping system and purpose for production (Seed yam or Ware yam). Use of herbicides appears to be the most cost effective method of weed control in yam but these must be applied properly using recommended dosage and timing. An integrated weed management system (IWMS) appears to be the best in weed control in yam as this takes care of seed yam and ware yam grown both sole and in intercropping. IWMS makes use of acceptable rates of recommended herbicides, use of planophyls (low growing crops) intercropping and cultural methods of control. A combination of IWMS and application of chosen control measures within the developed critical periods of weed interference in yam (4-16 WAP) has significantly increased the efficiency of weed control in yam production in Nigeria.

## Other pests or diseases of yams

Other pests and diseases of yam, attack yam leaves, stems (vines) roots and tubers. Their causal agents are insects, virus, fungus and nematodes.

The most important insect pests on yam include beetles, scale insects, termites and mealybug. In the riverine areas of Southern Nigeria crickets and millepedes are serious pests of yams. Two major virus diseases of yam are leaf mosaic and shoestring disease. Important fungal diseases of yam are anthracnose which attacks and devastates mainly *D. alata* and also leaf spot disease. Nematodes attack both the tuber and feeder roots of yam. They could be grouped into yam nematodes caused by *Scutellonema bradys*; root-knot nematode caused by *Meloidogyne* spp. DOROSH (1988) noted that nematodes may be the most serious pest affecting production of yams. These pest and diseases contribute to the low yield and quality of yam tubers of plants attacked by them. Insect and nematode attack on yam tubers predisposes the tubers to fungal and rot disease attack in storage.

Some measure of success has been achieved in the area of plant protection in yam. Use of clean planting material is a major control measure for yam virus. Work is in progress to use microsetting technique to obtain virus-free tubers. Protocols have been developed for producing clean (virus-free) yam planting materials using propagation from true seeds, use of vine cuttings, petioles, meristems and nodes (OKEZIE, 1993). Hot water therapy (50 °C for 30 minutes) has been used in virus cleaning of yam planting materials. Screening work on germplasm at the NRCRI, UMUDIKE, has shown that two *Dioscorea alata*, UM 680 and DAN087 selected at the Institute, are

very resistant to virus attack. Other accessions of *D. rotundata* that show similar resistance to virus attack are PDM099, CO1148 and BN293.

Although about sixteen nematodes are known to attack yams only two are of major economic importance. These are the yam nematode (*Scutellonema bradys*) and the root knot nematode (RKN) (*Meloidogyne* spp.). The biology and pathogenicity of RKN have been studied and some control measures developed. For example, an application of Furadan 1.0-1.5 kg active ingredient per hectare and Miral 5 G at 10 kg/ha have been used to obtain satisfactory control of nematodes in yam. Also a variety of groundnut SAMNUT from IAR Samaru (NWAUZOR, 1995) has been effectively used as an intercrop for control of nematodes in yam fields in Nigeria.

Recommendations for chemical control of beetles and scale insects are available at the NRCRI Umudiike. Work is in progress for the control of yam mealybug.

Anthracnose (*Collectotrichum gleosporoides* Pens Sacc) is an extremely devastating disease in yam in Nigeria especially on *Dioscorea alata* and *D. rotundata*.

For this menacing disease on yam in the field no effective control measure is yet available. This area of study requires an urgent attention as well as multidisciplinary approach on germplasm screening and characterisation by national Agricultural Research Systems (NARS) and IARCs to achieve effective results.

## Crop genetic resource - development in yam breeding

Genetic studies in yam have not progressed as effectively as in other arable crops (ORKWOR and ASIEDU, 1995) due to a number of constraints. These include dioecism in yam, poor and late flowering of female plants, nonsynchronisation of male and female flowering, poor seed set and poor viability of seeds. As a result of these peculiarities, yam does not respond easily to normal hybridisation procedures.

This is an area that requires concerted efforts and multidisciplinary approach by scientists and support from donors to develop this important staple crop in Africa. Farmers' expectations from yam breeders include hybrid yams that are high yielding, (adapted to their environments), early maturing that may need no staking; those that have good consumer qualities; taste, poundability for *fufu*, resistant to pests and diseases, capable of storing well and long enough (4-7 months); those that have high multiplication ratio for use in miniset techniques for commercial seed yam production; that give sustainable yields in

intensive cropping; that can adapt to prevalent inter-cropping systems and those that have good qualities for transformation into chips and flour for prolonged post harvest storage. Breeding is an area that has not been exploited enough for crop development in yam. Biotechnology however has a very important future in the development of yam.

Nigeria in particular, and West African yam belt in general, have the largest biodiversity in both cultivated and wild yams. Unfortunately, due to lack of funds and shortage of trained man power, there has not been any appreciable comprehensive collection of this large display of germplasm for characterization, storage and use as genetic materials in this sub-region. At present these germplasm, cultivated and in the wild, run the risk of being eroded and wiped out by attendant environmental hazards.

Although there has been scattered efforts here and there in the West African yam belt, to collect and characterize some yam germplasm but unfortunately most of the collections by NARS have been lost through hazards associated with field gene-bank preservation (in vivo). The African Yam Network in collaboration with NARS and IARC has prepared proposals and concept notes to possible donors to support this project on germplasm but so far there has been no favourable response from donors.

## Storage and post harvest handling

Post harvest handling and storage are other areas of research on yam production that have received very little attention despite the fact that a lot of yam tubers are lost in storage; (30-60%) (COURSEY, 1961) due to a number of factors. Since we cannot store appreciable quantities of fresh yam tubers all the year round as consumers demand there is need to diversify post harvest processing of yams into chips and flour for *amala fufu* and flakes for consumption during scarce periods of fresh tubers and in urban areas. A pilot project has been set up in this direction by CIRAD in collaboration with three countries in the yam belt: Nigeria, Benin and Togo to conduct surveys on production and consumption of *amala* from yam chips and flour. In order to cut down on scarce resources, duplication and repetition of efforts and to achieve regional development in yam there is need for collaborative regional research on yam in the West African yam belt.

## Conclusion

Yam is more than a staple food in Nigeria. Its production and consumption are tied up with the socio-cultural lives of the people. It is the only one indigenous crop whose selection and production technologies have been developed by farmers themselves through the acquisition of traditional farming systems handed over from their ancestors. These traditional systems are however practiced under low input technologies resulting in poor crop management and resultant low tuber yields. There is a lot of room for improvement if adequate research support and efforts are geared towards the development of the crop. At present only about 14% potential yields of the crop is achieved by farmers due to a number of production constraints and poor crop husbandry. Constraints in production of yam are not much more than those that have been found in other world important crops such as potato, maize and wheat. The truth of the matter is that governments and scientists in developed countries have given adequate financial support and research efforts to those crops and made them what they are today.

Some technologies however have been developed in the Country for sustainable yam production. These include the development of the yam minisett technique for massive seed yam production, improved agronomic practices such as use of ridges, optimum plant population, development of bunchy yams that may not need staking, improved yam barns for storage, protocols for virus cleaning, use of invitro storage of germplasm, farmgate processing of yams into chips and flour. There are prospects for use of biotechnology for yam improvement. These not withstanding it is regrettable to note that national governments in West African yam zone have not given adequate research support in terms of funding for the development of yam.

It is important too to impress on donors, that yam is not only a Nigeria food crop, or African food only. Yam is grown and consumed as food in Asia, the Carribbean Islands, in Latin America, in India and the Pacific Islands. If only to ensure and increase the much talked about crop potentials and food security in those parts of the world here is a crop that has untapped potentials for research support and improvement.

## References

- AKOBUNDU I.O., 1981. Weed interference and control in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir). Weed Research 21 : 267-272.

- COURSEY D.G., COURSEY C.K. 1971. The new yam festivals of West Africa. *Anthropos*, 66 : 444-484.
- COURSEY D.G., 1976. The origins and domestication of yams in West Africa. In J. R. HARLAND, J. M. J. de WET and A.B.L. STEMIER, Eds. *World Anthropology*, Mouton, The Hague, the Netherlands, p. 385-408.
- DOROSH P., 1988. The economics of root and tuber crops in Africa. RCMP Research Monograph 1. IITA, Ibadan, Nigeria, 68 p.
- EMEHUTE J.K.U., ORKWOR G.C., ANIOKE S., 1995. Sourcing for local raw materials for use as minisett dust for seed yam production using minisett technology. 1995 Annual Report. NRCRI, Umudike, Umuahia, Nigeria.
- FAO, 1988. Production year. Fao, Rome, Italie, vol. 42.
- HAHN S.K., OSIRU D.S., AKORODA M.O., OTOO J.A., 1987. YAM production and its future prospects. *Outlook on Agriculture* 16. (3) : 105-110.
- Kang B.T., Gichuru M., Hulugalle N., SWIFT M.J., 1991. Soil constraints on sustainable plant production in the tropics. *Tropical Agriculture Research. Series n. 24*, p. 101-112.
- NWAUZOR E., 1995. The use of groundnut (*Arachis hypogaeae*) as an intercrop for control of nematodes in seed yam production. Annual Report for 1995. NRCRI, Umudike, Umuahia, Nigeria.
- OKEZIE C.E.A., 1993. Minisett and vine cuttings as supplemental propagules for "Seed" yam production: In Proc. First Seminar of the African yam network 26-28 October 1993. Cotonou Republic of Benin, (*In print*).
- OKOLI, O. O. M. C. IGBOKWE, L. S. O. ENE AND J. U. NWOKOYE 1982. Rapid multiplication of yam by minisett technique. NRCRI, Umudike, Umuahia, Nigeria. Research bulletin n. 2, 12 p.
- OLAYIDE, S. O. 1972. Agricultural productivity and increased food production under economic development in Nigeria. *Proceedings. Annual Congress Nigeria economic society*.
- ONOCHIE, B. E. 1974. Critical period for weed competition in yam plots. *Nigeria Agric. Journal* (11) : 13-16.
- ONWUEME, I. C. 1978. The tropical root and tuber crops. Yam, cassava, sweet potato and cocoyams. John Wiley and Sons, New York, USA, 234 p.
- ORKWOR G.C., OKEREKE O.U., EZEDINMA F.O.C., HAHN S.K., EZUMAH H.C., AKOBUNDU I.O., 1991. The response of yam (*Dioscorea rotundata* Poir) to various periods of weed interference in an intercropping with maize (*Zea mays* L.), Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), and Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) Trop. Root Crops in a Developing Country. In F. OFORI and S. K. HAHN Eds., *Proceedings, ISTRC-AB*, 20-26 October 1991. Accra, Ghana, p. 249-354.
- ORKWOR G.C., OKEREKE O.U., EZEDINMA F.O.C., EZUMAH H.C., 1992. Critical period of weed interference in maize intercropping with yam (*Dioscorea rotundata* Poir) (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) and sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam). *Nigeria Journal of Agric.* 26 (2) : 61-70.
- ORKWOR G.C., OKEREKE O.U., EZEDINMA F.O.C., EZUMAH H.C., 1992. Critical period of weed interference in maize intercropping with yam (*Dioscorea rotundata* Poir) Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) and sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam). *Nigeria Journal of Agric.* 26 (2) : 61-70.
- ORKWOR G.C.? 1993. The production, economic and socio-cultural importance of yam in Africa. Key-note address at the inaugural and the first seminar of the African yam network, 26-28 October 1993. Cotonou, Benin Republic, 21 p.
- ORKWOR G.C., ASIEDU C.L.A., 1995. Yam research priorities. *Tropical Root and Tuber Crops Bulletin* 8 (2) : 11-13.
- ORKWOR G.C., ASADU R., 1996. Yam agronomy. In *Food Yam: Advances in Research*, ORKWOR G.C., R. ASIEDU and I.J. EKANAYAKE, Eds. NRCRI/IITA, Ibadan Nigeria, p. 107-142.
- UNAMMA R.P.A., AKOBUNDU I.O., FAYEMI A.A.A., 1981. Weed interferences in white yam. *Proceedings 1st Triennial Root Crops Symposium. ISTRC-AB*, Ibadan, Nigeria, p. 203-207.
- UZOZIE L.C., 1971. Patterns of Crop Combination in the three eastern states of Nigeria. *J. of Tropical Geography* 33 : 62-72.

# Yam research and production in Ghana

J.A. OTOO, C. OSEI, A. ANTWI, I.K. ASANTE, A.Y. ALHASSAN,  
J.N.L. LAMPTEY, J. ADU-MENSAH, V. ANCHIRINAH, O.A. DANQUAH

Crops Research Institute, Kumasi, Ghana  
Savanna agricultural research institute, Tamale, Ghana

## Importance

The most important yam species that are produced in Ghana are: *Dioscorea rotundata* (white yam), *D. alata* (water yam), *D. cayenensis* (yellow yam). The other species are: *D. dumetorum* (bitter yam), *D. bulbifera* (aerial yam) and *D. esculenta* (Chinese yam). Each has several varieties with different characteristics. Yam is a preferred staple food consumed throughout the country. It is intensively cultivated in the forest-savanna transition and in the guinea savanna zones. A small portion is produced in the forest zone.

About 3 million metric tonnes are produced in a year. Yam is a major cash crop available in the markets throughout the year. Various varieties and species appear on the market at different times of the year, depending on maturity period, storability, and taste at harvest.

Yam is eaten mainly as:

- *fufu* (boiled, pounded and eaten with soups);
- boiled, fried or roasted and eaten with various types of stew and meat/fish.

The most profitable cropping systems in the guinea savanna zone always include yam.

Culturally, the crop is used in rituals and festivals. In recent years, yam is exported to Europe and North America. Special varieties with specific taste qualities and other characteristics qualify for export.

## Constraints

### Production constraints

The farmer's production constraints include: unavailability of credit, high cost of seed yams and sometimes unavailability of the materials. High labour costs especially in land preparation, weeding and harvesting. High incidence of weeds (4 to 6 weeding during a season). Scarcity of staking materials. Decreasing soil fertility and diminishing land suitable for yam cultivation especially in the guinea savanna zone. Unavailability of labour during peak periods and erratic rainfall.

### Postharvest and marketing constraints

Significant losses occur in storage. Early maturing varieties usually have short shelflife. Inefficient storage techniques and storage facilities. Farmers sell at low prices to middlemen at harvest. High transportation costs. Poor access roads to farms.

Inefficient transportation methods cause bruises on the tuber which predispose them to rotting.

Low prices during glut periods. Traders dictate prices to the disadvantage of farmers and consumers.

## Pest and disease constraints

Pre- and post-harvest losses are estimated at between 50 to 100%. Yam mosaic disease: leaf distortion, shoestring vein- clearing and stunting caused by potyvirus and badnavirus. Tuber rots are caused by *Fusarium* spp., *Botrydiploia theobromae*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium* spp., and *Rhizopus* spp. Insects which attack yam tubers either before or after harvest are *Heteroligus meles* (yam beetle), *Macrotermes* spp., *Aspidistus destructor*, *Planococcus* (scale insects), yam mealybugs. Nematodes found on tubers: *Pratylenchus* spp. cause tissue discoloration and dry rot, *Scutellonema bradys* produces cracks in tubers. *Meloidogyne* spp. produces heavy galling of yam mots.

## Research and achievement

### Double harvesting

Farmers use the double harvesting technique to produce seed yams. Our research has shown that: (a) early topping gives higher seed yam yield but lower tuber yield than late topping, (b) 1.2 m x 0.6 m spacing gave seed yams between 530 g and 760 g. This is suitable for planting as farmers usually use setts of 300 g to 500 g as planting material, (c) staking increased tuber weight and size at first harvest and seed yam yield and sizes at second harvest.

### Yam miniset

The miniset technique was used to mass produce seed yams for farmers who were affected by ethnic conflict in Northern Ghana and could not cultivate yam, and therefore, lost their seed. The technique has been promoted among yam farmers.

### Yam micropropagation

This technique has been used to multiply 16 accessions of *D. rotundata* *in vitro* for field evaluation, and for yam germplasm conservation.

## Germplasm collection

In the 1980s, about 400 accessions of seven *Dioscorea* species were collected and some were lost in field conservation and in storage. The miniset technique has improved the situation. Crops Research Institute, Kumasi, has now been given the leadership role in root and tuber crops germplasm collection in the country. Further collections have been initiated but there are logistical problems.

## Staking

Staking materials are scarce now. Work has started to identify desirable types of fibre crops that will be cropped in association with yam as live stakes. Yam intercropped with kenaf and jute produced comparable tuber yields as the conventionally staked ones (with wooden stakes).

## On-going research

### Breeding

Germplasm collection, characterization, evaluation, *in vitro* conservation. Evaluation of local varieties and exotic yams.

Agronomy

Intercropping studies, *in situ* staking, fertilizer.

### Pest mananement

Performance of virus-free planting material compared with conventional planting material. Yam planting material as sources of disease inoculum.

Evaluation of insecticides in the control of insects.

### Postharvest

Inhibition of sprouting using chemicals and irradiation. Growth regulators on preservation of planting material.



# L'igname au Brésil

J. BERTHAUD, N. BRICAS,  
J.-L. MARCHAND (Eds), 1998.  
L'igname, plante séculaire et culture d'avenir.  
Actes du séminaire international  
Cirad-Inra-Orstom-Coraf.  
3-6 juin 1997, Montpellier, France.

L. RIERA<sup>1</sup>, M. PASCOLI CEREDA<sup>2</sup>, G. CHUZEL<sup>3</sup>, M. TULIO OSPINA<sup>4</sup>,  
C. L. CALAZANS DE LIMA<sup>4</sup>, A. DIAS SANTIAGO<sup>5</sup>

1. Coopérant du service national
2. Directrice du Cerat/Unesp
3. Expert régional du Mae, délégation régionale du Cône Sud
4. FCA Botucatu, São Paulo, Brésil
5. Directeur technique de l'empresa de pesquisa de Alagoas, chercheur de l'Embrapa

## Introduction

Le genre *Dioscorea* comporte de nombreuses espèces dont l'origine peut être l'Afrique, l'Asie ou bien encore l'Amérique. Certaines publications relatent l'existence de plus de 200 ignames. Cependant, celles qui ont atteint une importance alimentaire ne sont pas aussi nombreuses. Nous pouvons citer parmi les principales : *D. cayenensis*, *D. rotundata*, originaires d'Afrique, *D. alata*, *D. esculenta* et *D. bulbifera* en provenance d'Asie, enfin *D. trifida* des Amériques. La plus grande zone de production d'igname se trouve en Afrique de l'Ouest. Bien que concurrencée par le manioc, cette culture reste, pour de nombreuses populations de ces régions, le pilier de la ration alimentaire.

Au Brésil, il ne s'agit que d'une culture secondaire, en dépit du fait que ce tubercule soit d'adaptation facile dans les conditions de ce pays. Les espèces natives, bien que nombreuses, n'ont jamais atteint une production notable qui soit digne d'intérêt. Nous pouvons dire que seulement deux espèces ont atteint une quantité produite assez importante pour apparaître sur les marchés populaires brésiliens ; il s'agit de *D. alata* et de *D. cayenensis*, chacune d'entre elles ayant une aire de développement différente dans ce pays.

Ce rapport se propose de faire le point sur le genre *Dioscorea* en donnant une description des systèmes de culture des espèces précitées. Dans un premier temps, nous passerons en revue les divers ignames présents au Brésil. Puis, nous évoquerons différents

aspects de la conduite de ces deux *Dioscorea*, avec une attention plus particulière pour *D. alata*, eu égard à notre connaissance plus large de cette espèce, qui se trouve dans l'Etat de São Paulo.

Enfin, en l'absence d'information générale existant sur le sujet, nous nous proposons également de donner un panorama global sur l'état de cette culture au Brésil, en y associant informations botaniques, économiques, technologiques, ainsi qu'une révision des principaux acteurs brésiliens impliqués dans la recherche sur ce tubercule.

## Une culture méconnue

### La confusion igname-cará

#### Igname ou « inhame » ?

A l'échelle mondiale, toutes les plantes appartenant au genre *Dioscorea* répondent aux appellations d'igname, *inhame*, *yam* ou *ñame*. Ce mot — qui signifie au départ « manger », dans un dialecte guinéen —, a donné lieu à ces différentes traductions de par le monde. Plus des trois-quarts de la production mondiale de ce tubercule sont produites dans cette frange d'Afrique de l'Ouest, où il constitue l'une des plus importantes sources de glucides pour les populations locales. Curieusement, au Brésil, le mot igname caractérise un autre tubercule, *Colocasia esculenta*, une aracée mondialement connue sous les noms de



taro, chou dachine (ou de Chine), Dasheen ou Papa-china. L'igname telle que nous la connaissons s'appelle *cará*, au Brésil, et est référencée sous cette dénomination par la plupart des organismes d'Etats, même s'il existe quelques exceptions.

### **Cará-inhame : le nord et le sud brésilien**

En dehors de cette discordance taxonomique, il existe, au sein même du Brésil, différentes dénominations pour cette culture : *cará*, *inhame*, *caratinga*, *caranambu*. Le plus utilisé étant *cará* dans les régions sud et sudest du pays. En revanche, un habitant du Nordeste ne comprendra pas nécessairement cette appellation. Pour lui, ce tubercule s'appelle *inhame* ou, à quelques exceptions près, *cará da Costa*. En général, dans le Nordeste, les chercheurs parlent d'*inhame* tandis que les producteurs préfèrent conserver le nom de *cará*. Tout cela finit par créer de nombreuses confusions et altère le dialogue entre chercheurs, vulgarisateurs et utilisateurs de ces produits.

Cette querelle entre le Nord et le Sud trouve sa meilleure manifestation dans l'introduction d'un bulletin de l'Iac (Institut agronomique de Campinas) concernant l'igname : « Au sein des multiples légumes cultivés, se trouve le genre *Dioscorea*, de feuillage herbacé, volubile, producteur de tubercules comestibles souterrains ou aériens, connu par les autochtones et immigrants comme *cará*. Bien que l'application du nom *inhame*, *yam*, *ñame*, *igname* aux *carás* soit courante dans les Etats du Nordeste du Brésil et à l'étranger, c'est une erreur, car ces termes, d'origine africaine, ne signifient rien de plus que manger. » (MONTEIRO, 1993). Au Brésil, et surtout dans l'Etat de São Paulo, il est plus commun d'utiliser le nom *inhame* pour les plantes du genre *Colocasia*, de la famille des aracées, et le nom indigène *cará* pour les plantes produisant des tubercules de plusieurs espèces natives ou introduites du genre *Dioscorea*, famille *Dioscoreaceae*.

Un autre problème simple, mais pourtant très commun et ennuyeux, réside dans la révision bibliographique. Au sein des bases de données internationales, la recherche devient difficile car, lors d'une interrogation au sujet d'une des deux cultures, ignames et taro feront partie du même listage. Voici un autre exemple : une publication en anglais concernant l'igname (*yam*), dont le titre sera traduit en portugais afin d'en faciliter la recherche, sera rencontrée avec le mot-clé *inhame* correspondant donc au taro en brésilien.

Les données économiques subissent de la même façon cette absence d'homogénéité au Brésil. Le ministère du commerce extérieur ne différencie pas les exportations de taro et d'igname pour conserver l'unique dénomination *inhame* (taro) ; de cette

manière il ne distingue pas les quantités exportées de ces deux amylacées. Autre remarque, plus grave, parfois sont référencés les groupes suivants : *inhame* et « autres racines » sans aucune autre spécification. Sachant que la patate douce, le manioc, le gingembre et le curcuma possèdent une nomenclature qui leur est propre, nous pouvons donc nous demander ce que regroupe cette appellation « autres racines ».

Une publication de l'Ilea (Institut d'économie agricole), datant de 1988, ayant pour objectif l'évaluation du poids économique de l'*inhame* (taro), souligne cette lacune de la part du ministère précité, et évalue à 13 % la participation du taro dans le total des exportations, sans aucune autre explication (UENO *et al.*, 1990). Dans ce contexte, il est très difficile d'avoir une idée objective concernant l'importance de ce tubercule dans les exportations brésiliennes.

### **Le problème de la taxonomie vulgaire**

Durant notre étude bibliographique, il était très courant de rencontrer des confusions au sujet du matériel végétal étudié, principalement dans les revues agricoles et dans les publications des années 50-60. Pour certaines variétés, furent ainsi attribués des noms scientifiques différents. A titre d'exemple, le *cará chinois* est tantôt signalé comme une *dioscoreacea*, tantôt comme une *colocasia*. Cela montre que durant de nombreuses années et, encore parfois de nos jours, les instituts de recherche et les structures de vulgarisation possédaient une connaissance limitée au sujet des racines et des tubercules.

Les multiples noms régionaux et populaires entraînent — de la même façon —, de nombreuses erreurs dans les anciennes publications. Mis à part les chercheurs des universités ou des instituts faisant référence, peu de personnes connaissent réellement l'igname. Dans le meilleur des cas, elles ont entendu parler de deux variétés *D. alata* et *D. cayenensis*, qui sont à leurs yeux les deux seules existant au Brésil. Un ingénieur agronome d'une chambre d'agriculture ne pourra pas vous renseigner davantage, au-delà de la simple dénomination *cará*. Il convient de prêter attention aux différents *inhames* : *inhame chinois*, *japonês*, *macaquihno* e *branco* qui sont donc des faux amis en langue brésilienne et que nous pouvons facilement confondre car il existe parfois des dénominations locales identiques concernant le véritable igname : *cará chinois*, *japonês*.

### **La rareté des données économiques**

Trouver des données économiques significatives sur l'igname — comme d'ailleurs sur toute autre racine ou tubercule au Brésil —, relève du défi. Ces produits agricoles d'importance secondaire ne sont pas réellement référencés. Ainsi, ils n'apparaissent jamais dans



la plupart des relevés agricoles, des revues régionales spécialisées en agriculture et des données d'exportation. Une autre particularité est à noter : quand les chiffres existent, ils sont bien souvent très éloignés de la réalité.

### Dans l'Etat de São Paulo

Il est possible de trouver à l'Institut d'économie agricole de São Paulo des données sur les productions recensées par municipalités et par micro-régions. Cela donne une indication sur les zones de production dans cet Etat ; bien que ces chiffres ne soient pas réellement proches de la réalité. Ainsi, la municipalité de Nipoa est citée comme une des plus fortes zones de culture de l'igname. Après consultation de la chambre d'agriculture locale, il résultait que cette culture n'était plus présente depuis quelques années. En utilisant les bulletins mensuels du Ceagesp, le marché de gros de São Paulo, il est possible d'obtenir une notion de la production vendue ainsi que des variations de prix au long de l'année.

### A l'échelle du Brésil

Un institut devrait référencer toutes la production agricole et dresser tout type de statistique géo-économique. Il s'agit de l'Ibge (Institut brésilien de géographie et statistique), dont le siège se trouve à Rio. Celui-ci communique chaque année un relevé agricole prenant en compte une quarantaine de plantes cultivées. Malheureusement, l'igname — eu égard à son très faible niveau de production — ne figure pas dans ces chiffres. Si nous prenons en compte les racines et les tubercules, seules la pomme de terre et la patate douce sont répertoriées dans ces relevés. Par ailleurs, le dernier recensement global agricole, qui eut lieu en 1985, n'incluait pas davantage l'igname bien qu'il comportait un nombre beaucoup plus important de cultures. En tant que « cultures secondaires », apparaissaient seulement quelques données concernant la patate douce, le taro et l'arracacia. Enfin, les revues agricoles à vocation régionale qui couvrent les plus gros Etats producteurs du pays Santa Catarina, Paraná, Minas, Gérais négligent également l'ensemble de ces racines et tubercules.

### En ce qui concerne les exportations

Nous nous trouvons toujours face à l'absence d'information précise en ce qui concerne les exportations. La Cacex (Carte du commerce extérieur de la banque fédérale Banco do Brasil) utilise la dénomination générique d'*inhame* englobant l'*inhame*, c'est-à-dire le taro, et le *cará*, soit l'igname, ce qui rend difficile toute appréciation. Une publication de l'Ilea, déjà citée, estimait hasardeusement la participation du taro dans le volume global de l'*inhame* exportée.

Nous arrivons ainsi à des publications totalement aberrantes où l'on vante le niveau d'exportation d'un tubercule tout en signifiant qu'il n'y participe pas à sa juste valeur puisqu'il est référencé sous un nom différent. Ou bien encore des travaux où il s'agit de faire la distinction entre les productions d'igname et de taro qui sont répertoriés sur le même tableau par la Cacex avec un nom identique. Il convient alors de traduire les données de la façon suivante :

- les productions exportées en provenance des Etats du Nord correspondent à de l'igname ;
- les productions exportées en provenance des Etats de São Paulo ou de Rio correspondent au « véritable inhame » pour citer la publication, soit, en français, au taro.

## Diversité de l'igname rencontrée au Brésil

### Généralités

Comme il est de notre connaissance, le genre *Dioscorea* comporte des espèces utilisées pour des fins alimentaires ou pharmaceutiques. Plusieurs ignames sont présentes au Brésil. En plus des natives, de nombreuses autres espèces furent importées au travers de l'expansion portugaise et du commerce des esclaves originaires d'Afrique. Ainsi, certaines d'entre elles font désormais partie de l'alimentation quotidienne de quelques communautés de la population brésilienne (CHU, 1990).

Cependant, les ignames n'ont jamais atteint l'importance alimentaire qu'ils occupent en Afrique, où ils constituent la source glucidique principale en plus du manioc, de la patate douce et du taro. En Amérique latine, en partie à cause des conditions climatiques, l'igname fut substituée par le blé, le maïs, le riz ou le haricot bien plus aptes à la mécanisation de leurs techniques de production.

### Les espèces natives

De nombreuses espèces d'igname sont originaires des Amériques. Selon AL SHEHBAB et SCHUBERT (1989), la moitié des ignames connus proviendrait de ce continent. Cependant, peu d'entre elles ont connu une exploitation intensive. Seulement *D. trifida*, *D. composita*, *D. floribunda* et *D. mexicana* ont atteint une relative importance. Les autres ne sont cultivées qu'à petite échelle, s'insèrent dans des systèmes culturels traditionnels et sont fortement restreintes à des micro-régions déterminées.

Au Brésil, c'est par exemple dans les réserves indigènes que l'on rencontre des espèces natives oubliées ; ce qui montre l'importance de ces communautés dans la préservation du patrimoine génétique de ce genre. Citons par exemple *D. trifida* dans le Nordeste et *D. goyazensis* que nous trouvons dans l'Etat d'Alagoas jusqu'au Goiânia, dont l'exploitation est largement assurée par ces sociétés (CHU, 1991) ou encore *D. dodecaneura*, espèce native cultivée par les Indiens Borore dans le Mato Grosso (PEDRALI, 1988). CHU (1991) répertorie 26 espèces natives du Brésil avec leurs noms populaires, leur aire de distribution et des observations générales concernant leurs applications dans la pharmacopée traditionnelle. Une dizaine d'entre elles seraient cultivées à petite échelle, comme *D. delicata*, *D. glandulosa*, *D. olfersiana*, *D. piperfolia*, *D. subhastata* et *D. triangularis*.

Bon nombre de ces espèces ne se trouvent plus que dans des réserves indigènes ou biologiques gérées par différents Etats ou par le gouvernement fédéral. Notons par exemple le parc national de Chapada Diamantina, dans la Bahia, où l'Embrapa (Empresa brasileira de pesquisa agropecuária) a réalisé de nombreuses collectes de matériel végétal. Dans le Sudeste brésilien, largement atteint par la déforestation, seul le littoral pauliste a bénéficié de nombreuses actions gouvernementales visant à sa préservation écologique. Ainsi, c'est par exemple dans la réserve biologique du Alto da Serra de Paranapiacaba qu'ont pu être récupérés des plants de *D. delicata*, et dans celle du parc d'Etat des Fontes de Ipiranga que l'Institut de botanique de São Paulo a pu se procurer des spécimens de *D. olfersiana* (CHU *et al.*, 1986).

En dépit de cette biodiversité et des potentialités de bon nombre de ces espèces, mis en exergue par de nombreux travaux, seule *D. trifida* est exploitée de façon très limitée à des fins alimentaires, et bien souvent dans le cadre d'une agriculture de subsistance. Nous la rencontrons singulièrement sur la frange littorale de l'Etat de São Paulo où elle bénéficie du climat chaud et humide relatif à ces régions. La variété la plus commune s'appelle Mimoso legítimo. Elle ne s'adapte pas aux conditions édapho-climatiques de l'intérieur de l'Etat.

## Les espèces importées

La plupart des *Dioscorea* présentes au Brésil faisant partie de la diète alimentaire de certaines populations furent importées d'Afrique *D. cayenensis*, *D. rotundata*, et d'Asie où nous trouvons parmi celles-ci : *D. alata*, *D. bulbifera* et *D. esculenta*. Celles-ci représentent l'essentiel des espèces consommées au Brésil.

*D. cayenensis* et *D. alata* sont de loin les plus répandues et, comme nous le verrons plus avant, sont les deux seules espèces d'intérêt économique. *D. bulbifera*, l'igname aérien, se limite aux petites exploitations familiales de *fundo de quintal*, principalement dans le sudeste brésilien, São Paulo, Paraná. Il répond aux différentes dénominations régionales de *cará-do-ar*, *cará de rama* ou *cará sapateiro*. Tandis que *D. rotundata*, souvent confondu avec *D. cayenensis*, et *D. esculenta* se limite au Nordeste brésilien.

Quelques introductions ponctuelles ont conduit à la mise en culture d'autres espèces d'origine asiatique : *D. opposita*, par exemple, que nous rencontrons à très petite échelle dans l'Etat de São Paulo, ou bien encore *D. japonica*, cultivée dans ce même Etat dans une optique d'exportation vers le Japon, sous forme de farine ou en frais. Il existe effectivement des exploitations de petite taille (2-3 ha) travaillant sous contrat pour des firmes japonaises présentes au Brésil. Leur but avoué serait d'augmenter cette aire cultivée et de bénéficier du coût plus faible de la main d'œuvre et du foncier dans ce pays. Il existerait de nombreuses exploitations dans l'Etat de São Paulo qui auraient été choisies pour la conduite de cette culture. Les entreprises en question seraient en phase d'identification des meilleurs locaux de production.

Ces tubercules sont bien valorisés par rapport aux cultures d'ignames « conventionnelles ». Ils atteignent en effet R\$ 0,35 le kilogramme lorsqu'ils sont destinés à la fabrication de farine et R\$ 1,20 dans le cas d'une exportation *in natura*. Nous entendons par là indiquer les prix producteurs. Celui-ci serait utilisé en frais, entrant dans la composition de salades. Dans le cas de l'igname produit à Mogi-Mirim, Etat de São Paulo, il sera coupé en tranche, séché, puis moulu afin d'obtenir une farine qui sera exportée au Japon. Ses aptitudes fonctionnelles lui permettent d'entrer dans la fabrication de gâteau et biscuits.

Outre ces utilisations alimentaires, certaines espèces d'igname furent introduites pour leurs potentiels dans l'industrie pharmaceutique (ZULLO *et al.*, 1987). Nous connaissons effectivement l'intérêt de dioscoriacées en tant que source importante de sapogénines ; précurseurs utilisés dans la synthèse de corticoïdes et d'hormones contraceptives. La production mondiale de ces spécialités serait au deux tiers originaire de cette culture ; par ailleurs, l'Amérique centrale participerait dans la même proportion à cette production qu'elle partagerait avec l'Afrique du Sud (à partir de *D. deltoidia*) (CHU, 1997, communication personnelle).

Ce sont bien évidemment des espèces en provenance d'Amérique centrale : Guatemala, Mexique, qui furent acclimatées dans le Mato Grosso et le Minas Gerais. L'introduction de *D. composita* et *D. floribunda*, au Brésil par ces centres de recherche,

correspondait à la volonté de certains industriels, désireux de lancer la production de diosgénine dans ce pays. Malheureusement, ces implantations ne furent pas concluantes. L'absence d'uniformité des populations introduites, les soins particuliers à apporter à ces cultures, le cycle cultural long de ces espèces avant d'atteindre un intérêt commercial, ont conduit à l'abandon de ces essais. Enfin, citons également l'existence de travaux d'identification de ces mêmes composés sur deux espèces natives *D. olfersiana* et *D. delicata*.

## Les espèces d'intérêt économique

Comme nous l'avons vu, l'igname ne fait pas partie des cultures commerciales au Brésil, en dépit du fait que ce tubercule est d'adaptation facile dans les conditions de ce pays. Les espèces natives, bien que nombreuses, n'ont jamais atteint une production notable qui soit digne d'intérêt. Nous pouvons dire que seulement deux espèces ont atteint une quantité produite assez importante pour apparaître systématiquement sur les marchés populaires brésiliens ; il s'agit de *D. alata* et de *D. cayenensis*, chacune d'entre elles ayant une aire de développement différente dans ce pays.

### *Dioscorea cayenensis*

#### Répartition

*D. cayenensis* et *D. rotundata* se rencontrent dans le Nordeste sur la frange littorale où elles trouvent les conditions édapho-climatiques les plus propices à leur développement. Les principaux Etats producteurs sont le Ceará, Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte et Bahia. Chacun d'entre eux destine une partie de leur production à l'exportation.

Les noms régionaux sont multiples : *cará da Costa*, *cará inhame*, *inhame da Costa*, *cará*, *cará nambú* ou *nhambu*. Cependant, l'appellation la plus commune dans la nomenclature vulgaire reste *cará da Costa*, *inhame da Costa*, ou simplement *Cará*, variété da Costa. *D. cayenensis* est l'espèce la plus répandue. Le *D. alata*, quant à lui, se nomme dans le Nordeste *cará* ou *inhame São Tomé*.

Dans l'Etat du Pernambuco, nous le rencontrons littoral jusqu'à la zone de forêt humide. Notons les principales communes réputées pour leur production : Condado, Aliança, Goiana, Igarassu et També. Avec le Paraíba, il s'agit des deux premiers Etats producteurs dans tout le Nordeste. A une échelle

inférieure, nous le recensons dans les Etats d'Alagoas, de Rio Grande do Norte et de Bahia.

En général, les prix de ce tubercule sont bas durant la période de forte production, c'est-à-dire de juillet à novembre. L'igname cultivée dans le Nordeste a deux vocations : d'une part, elle constitue un aliment de base pour les couches les plus modestes de la population, d'autre part, elle est valorisée par l'intermédiaire de son exportation en direction des Etats-Unis et l'Europe ; 30 à 40 % de la production du Nordeste seraient effectivement destinés aux marchés étrangers, principalement pour l'Angleterre (ROMERO, 1997, communication personnelle).

## Typologie de la culture du *cará da Costa*

### Les deux types de culture

Tout comme dans l'Etat de São Paulo, il existe deux types de culture du *cará*, irrigué ou non. La première permet d'avoir une latitude complète concernant l'époque de vente puisque nous pouvons produire à contre-saison, ce qui assure de meilleurs revenus de janvier à juin, alors que ce produit fait défaut sur les marchés du Nordeste.

La seconde, la plus commune, consiste à se plier au rythme des pluies. Il convient alors d'effectuer la plantation de décembre à janvier-février pour assurer sa récolte en saison sèche, d'août à novembre. Ce mode de culture correspond davantage à une agriculture de subsistance. Remarquons que ces deux pratiques conduisent à des époques de stockage totalement opposées : l'une en hiver, l'autre en été, ce qui aura des conséquences directes sur l'apparition d'insectes ou de problèmes fongiques sur ce type de denrée stockée.

Nous aborderons donc d'une façon plus générale l'igname pluvial qui, lors de sa mise en culture, bénéficie d'un climat chaud (28 °C), d'un fort ensoleillement et de pluies fréquentes. En pleine période végétative, l'insolation est réduite mais les précipitations sont tout aussi nombreuses et abondantes avec une moyenne de température de 22 °C. Nous ne pouvons pas donner de régime pluviométrique précis, eu égard à la couverture de cette espèce dans de nombreux Etats. Le cycle cultural varie de 6 à 8 mois pour une productivité oscillant entre 15 et 25 t à l'hectare.

### Conduite de la culture

Les tubercules utilisés pour la plantation se doivent d'être sélectionnés afin de vérifier leur état sanitaire. Cette pratique n'est pourtant pas si commune dans les systèmes vivriers. A la différence de *D. alata* dans l'Etat de São Paulo, les tubercules de *D. cayenensis* seront le plus souvent coupés pour conserver des sec-

tions d'environ 250 g. Aucun traitement fongique n'est signalé, que ce soit durant le stockage des tubercules, ou après cette division, lors de la mise en terre.

Les sols sablonneux sont préférables pour la culture de l'igname. Ils doivent avoir cependant une bonne disponibilité en matière organique. Dans le Nordeste, ce sont les sols les plus prisés eu égard à la taille des tubercules de *D. cayenensis*. Ils en facilitent ainsi la cueillette et influencent considérablement le rendement final. Bien que moins favorables à cette culture, les sols argileux sont plus faiblement soumis à l'infestation par les nématodes.

Concernant les pratiques culturales, les informations que nous avons obtenues sont éparpillées et anciennes. La rotation pour cette culture est largement recommandée comme moyen de prévention face aux attaques nématodaires. La pratique d'amendement calcique est elle aussi conseillée pour corriger l'acidité présente dans ces régions.

Le contrôle de l'enherbement est manuel. Rappelons qu'un désherbage mensuel se révèle nécessaire — au moins jusqu'au troisième mois après la mise en culture. Pour *D. cayenensis*, le tuteurage est indispensable, ce qui induit des coûts de production plus élevés compte tenu de la nécessité de ce travail à la fois laborieux et dispendieux. Toutefois, cela est compensé par le coût, plus faible, de la main d'œuvre rencontrée dans les Etats du Nordeste.

La cueillette est également manuelle, les racines, volumineuses, se trouvent à 50 cm de profondeur. Généralement de forme régulière, elles ne posent pas de problème particulier pour les opérations de descassage. Nous recensons en moyenne 35-40 % de tubercules en parfait état phytosanitaire et 10 % présentant des imperfections, des attaques fongiques, de prédateurs, de nématodes, ou des tortuosités les rendant impropres à la commercialisation.

L'université fédérale de Récife signale que le stockage courant s'effectue à une température moyenne de 25 °C pour une humidité relative de 80 %, assurant une conservation moyenne de 90 jours. Mais l'absence de contrôle de ces conditions — largement liées aux aléas climatiques — favorise l'apparition fréquente d'une série de problèmes relatifs au stockage des tubéreuses : pourrissement, départ végétatif, apparition d'insectes, pertes de poids.

## Aspects phytosanitaires

### EN CULTURE

Le principal prédateur de cette culture, largement référencé par la littérature, est une chenille *lagarta* attaquant le feuillage du *cará de Costa* (Lépidoptère, Noctuidae, *Plusia* sp.). Dans les parcelles irriguées, des indices d'infestation de 80 à 90 % ont déjà été recensés. Nous décelons sa présence grâce aux

coupes irrégulières présentes sur les feuilles, se situant précisément entre les nervures du limbe foliaire, et à l'accumulation de déjections noires sur le feuillage et le sol. Les formes adultes, papillons d'habitude nocturne, déposent leurs œufs sur les feuilles ou tiges de l'igname. Les chrysalides se développeront dans une capsule de soie adhérent à la face inférieure du feuillage. Il existe cependant un hyménoptère parasitant les formes larvaires. Les modes de contrôle chimiques référencés dans la bibliographie font appel à des spécialités génériques ; organophosphorés du type malathion, parathion éthyl ou méthyl (VEIGA, 1974).

Autre prédateur, d'apparition moins fréquente, le *Cupim do Solo* isoptère, termitidae, *Syntermes* sp., qui peut attaquer les tubercules d'igname en plein champ, notamment lorsque les champs sont laissés au-delà de leur stade optimum de maturité. Il provoque ainsi des galeries irrégulières dans les organes souterrains, et par là-même, favorise l'infestation ultérieure par d'autres agents pathogènes. Là encore, en matière de lutte, la littérature fait appel à des spécialités anciennes, voire désormais interdites, comme dans le cas de l'aldrine en traitement des sols.

### LORS DU STOCKAGE

Durant son stockage, l'igname peut être victime des attaques d'un coléoptère, anthribidae *Araecerus fasciculatus*, référencé également pour son incidence sur les grains de café. Il cause des dommages importants sur les tubercules semences en éliminant les points de départ végétatifs ainsi que sur les tubercules commerciaux. Son apparition est surtout liée au type de stockage utilisé dans le Nordeste, locaux fermés avec faible ventilation (*galpão de alvenaria*).

Notons également la présence d'*Anagasta kühniella*, lépidoptère piraliidae causant les mêmes types de dommage ; ainsi que celle d'une cochenille *Pseudococcus maritimus* attaquant à la fois tuberculessemence et pièces destinées à la commercialisation. Dans le premier cas, furent constatés une perte du pouvoir germinatif, et dans le second, un flétrissement des tubercules conduisant à une dépréciation visuelle et culinaire du produit prenant une apparence plus fibreuse.

### ATTAQUE NÉMATOIDAIRE

Très courante dans tous les pays producteurs d'igname, *Scutellonema bradys* est également présente au Brésil où elle cause des dommages importants. Sa présence fut signalée dès les premiers congrès brésiliens de nématologie. Plus récemment, *Pratylenchus brachyurus* a été isolé à partir de matériel collecté dans les marchés de gros de Récife en provenance de l'Etat de Paraíba.

# **Dioscorea alata**

## Répartition géographique

Communément répandue dans les Etats du Sud-est, la *D. alata* est surtout consommée par les couches sociales moyennes à basses, et plus particulièrement chez les populations noires ; c'est-à-dire les Brésiliens originaires d'Afrique. Le tubercule produit est de petite taille, 30-35 cm, et son poids avoisine les 400-500 g. Il est intéressant de remarquer la plus forte acceptation de tubercules petits à moyens de la part du consommateur pauliste.

Comme nous l'avons vu, la culture du *D. alata*, à une échelle commerciale, se limite à l'Etat de São Paulo et, à moindre titre, à celui de Rio de Janeiro. Au cours de nos missions, nous avons cependant appris l'existence de plantations respectables dans le nord du pays, plus précisément dans l'Etat du Maranhão.

Dans l'Etat de São Paulo, nous comptons en 1995, 226 ha de cultures pour une production globale avoisinant les 5 000 t. Cette production est très régionalisée et occupe un nombre très restreint d'agriculteurs. La plus représentative se trouve dans le planalto pauliste, à l'intérieur de l'Etat, à proximité de São José do Rio Preto. Deux municipalités regrouperaient les deux tiers de l'aire globale en culture, Nipoa et Planalto. La seconde se situe au-dessus de la région de Campinas, la ville la plus importante après São Paulo, dans les communes de Mogi-Mirim et Mogi-Guaçu.

Notons que la municipalité de São Paulo fut autrefois productrice de *cará*. Des articles de presse signalent notamment les quartiers Campo Limpo et Cachoeira ; tous deux situés sur la route São Paulo-Mairipor. Puis, l'urbanisation croissante a conduit à la délocalisation de ces zones de production.

## Type d'exploitation

Dans les deux cas, nous sommes face à une agriculture à vocation commerciale, conduite par des agriculteurs ayant une bonne expérience de cette culture. Effectivement, les personnes rencontrées au cours de nos visites cultivaient l'igname depuis plus de dix ans. Bien souvent, celles-ci ont des contrats d'exclusivité avec des sociétés d'import-export. Certaines exploitations appartiennent d'ailleurs à ces mêmes sociétés. Ceci limite le nombre d'intermédiaires dans la filière, mais ne facilite pas l'accès à l'information.

Des producteurs de la région de Mogi-Mirim et Mogi-Guaçu furent rencontrés à l'occasion de sorties sur le terrain. La superficie totale en culture sur la seule commune de Mogi-Mirim devrait avoisiner les 60 ha,

ce qui rejoint les chiffres recensés par l'Institut d'économie agricole de São Paulo. Actuellement, nous remarquons une légère augmentation de cette surface avec l'arrivée de quelques nouveaux petits producteurs. Pour ceux qui ont déjà une bonne aire en culture, bien au contraire, la tendance serait plutôt la stabilisation ou la réduction de leur surface. Il est important de remarquer que les producteurs rencontrés possédaient une superficie importante (de 20 à 60 ha) et une expérience variant de 6 à 13 ans avec ce tubercule.

## Variétés rencontrées

Il s'agit du *Dioscorea alata*, variété Florida ou Mimosa selon les cas. La seconde, plus ancienne, présente un tubercule plus rustique, avec une écorce plus épaisse. La Florida fut introduite par l'Iac (Institut agronomique de Campinas) dans cette région, en provenance des Etats-Unis ou de Porto Rico. Selon les agriculteurs, il semblerait que cette culture soit plus sensible aux maladies, bien que le contraire soit signalé dans nos révisions bibliographiques. C'est en 1948 que cette variété fut importée au Brésil. Après des essais concluants à l'Iac, où elle fut mise en concurrence avec de multiples cultivars collectés dans tout le Brésil, l'institut décida de diffuser Florida 29 auprès des agriculteurs paulistes. Les principales qualités de cette variété, par rapport aux anciennes, étaient la résistance à la *requeima* (complexe fongique attaquant cette espèce), ainsi qu'un cycle de culture plus court. Le tubercule possède une apparence optimale pour séduire le consommateur de São Paulo qui — comme nous l'avons vu —, exige des tubercules petits et bien formés. Ils sont uniformes, plus ou moins ovoïdes, leur peau est claire et lisse.

Auparavant, il existait deux cultivars d'igname, le Caipira et le Mimoso (ou Mimosa). Le premier était le plus connu avant et le plus cultivé dans l'intérieur de l'Etat. Ces tubercules n'étaient pas uniformes, arrondis, avec une peau rugueuse et obscure, soit une apparence extérieure préjudiciable pour la vente. En plus de cela, il produisait un grand nombre de petits tubercules dans l'axe des feuilles. Les extrémités de son feuillage sont plus claires à la limite du jaune si nous le comparons au Mimoso. Ce dernier, surnommé *cará amarelo*, *cará cova* ou *cará ingles*, comporte deux types bien différenciés en regard à la forme de leur tubercule. L'un est allongé avec une extrémité affinée, tandis que le second est plus court, de forme ovoïde et s'enfonce moins profondément. Le Mimoso était extrêmement sensible à la *requeima* ainsi, avant la diffusion du Florida, il y eut des cycles agricoles catastrophiques avec des pertes considérables.



Pour la majorité des producteurs, l'origine du matériel végétal n'est pas bien définie. L'un d'entre eux a commencé avec de l'igname 15 ans plus tôt et, peu à peu, les boutures se sont diffusées, au fur et à mesure de l'excédent généré par certaines plantations. D'une façon générale, l'igname est considérée comme une culture peu onéreuse, puisque dans la grande majorité des cas, elle dispense d'application d'insecticides comme de fongicides.

## Conduite de la culture

### Préparation du sol et amendements

Le travail du sol se pratique de la façon suivante : labour, hersage et sous-solage de 40 cm afin de permettre le bon développement de ces organes souterrains. Ensuite, les agriculteurs forment des billons de 30 à 40 cm de hauteur, et pratiquent un premier amendement chimique dans le sillon situé sur la partie supérieure. Cette fertilisation emploie une formule 4-14-8 à la dose moyenne de 400 kg/ha. Simultanément, un amendement organique est également apporté dans les mêmes proportions (350-400 kg/ha) avec du fumier de poule mélangé à de la paille de riz ou à de la sciure. Cet apport de matière organique peut avoir lieu avant la formation de billons, ce qui permettra sa meilleure incorporation. Tous les producteurs rencontrés dans cette région adoptent ces mêmes pratiques concernant la fertilisation.

Les agriculteurs n'ont pas coutume de se plaindre au sujet des sols de cette région, qu'ils qualifient d'argilo-sableux. Ils possèdent l'avantage de ne pas se prendre en masse, et bien qu'ils soient un peu lourds, leur structure reste propice à la culture de l'igname. Les analyses montrent un substrat peu acide et riche en matière organique. Nous remarquons également un léger excès d'aluminium toxique. Les agriculteurs ont pour habitude de réaliser cette analyse de sol tous les deux ans. Généralement, pour toutes questions ou problèmes rencontrés avec cette culture, les agriculteurs se dirigent vers l'Iac de Campinas.

Les billons sont séparés par une distance de 1,30 m, ce qui laisse l'espace suffisant pour le passage d'un petit tracteur. Les tuberculessementes, quant à eux, se disposent dans la ligne à 15-20 cm l'un de l'autre. Après cette opération manuelle, le passage du tracteur permet de ramener la terre afin de recouvrir les tubercules qui se trouveront à 5 cm de la surface. Dès le début de la mise en culture, il est très important de disposer d'un billon suffisamment haut, car, à cause du recouvrement du sol par les lianes, un second passage pour remonter la terre sera impossible (comme c'est le cas pour le taro). En plus, en raison des pluies, le billon va perdre lentement sa hauteur et sa forme initiale.

### La plantation

La plantation débute les mois d'août et septembre, bien qu'il soit possible d'avancer le cycle de culture en utilisant l'irrigation. De cette façon, il devient possible de planter à partir de juillet, cela autorisant ainsi une vente dès le mois de janvier. La plantation précoce ne présente pas d'inconvénient particulier, surtout dans l'Etat de São Paulo, où l'hiver (juillet-août) correspond à une saison sèche. Les tuberculessementes restent dans le sol, dans l'attente de l'arrivée d'un climat plus chaud pour commencer leur germination. Le cycle moyen de l'igname dans cette région est de 8 à 9 mois.

Généralement, les tubercules viennent de la même plantation, ce sont les petits ignames (8-12 cm) qui n'atteignent pas une taille suffisante pour la vente. Ils n'est pas commun d'utiliser des organes de multiplication plus petits ou plus grands. Selon l'empirisme des producteurs, une bouture plus grosse ne donne pas un igname plus gros, ou ce qu'ils gagneraient dans un sens proviendrait de la perte consécutive à la mévente de ces mêmes boutures. De la même façon, aucun ne pratique la coupe des tubercules qui fragiliserait le futur plant, à moins que l'absence de boutures soit réellement très importante. Selon eux, les coupes génèrent des plants sans force surtout durant les tout premiers stades végétatifs. Ils utilisent 170 caisses de tubercules par hectare (4 t) pour un prix moyen de R\$ 4,00 la caisse. Le plus gros producteur de la région de Campinas SP, (60 ha d'aire cultivée) confie qu'il n'a jamais vendu ces boutures, préférant les perdre pour ne pas étendre cette culture. En fait, il semble que la capacité d'absorption du marché soit très faible, à tel point que, parfois, les agriculteurs ne parviennent pas à écouler la totalité de leur production. C'est peut-être pour cette même raison qu'ils essaient de limiter le nombre de concurrents potentiels.

Le problème de la coupe des tubercules d'ignames a été largement étudié par l'Iac durant les décennies 40-50 (CAMARGO *et al.*, 1944) (CAMARGO, 1947), puis par l'université agricole de Vicosá (NORMANHA *et al.*, 1962). De nombreux essais furent menés avec des coupes transversales, longitudinales, le retrait ou non de la couronne ainsi que de l'extrémité apicale, les différents poids et tailles des sections utilisées pour finalement arriver aux conclusions suivantes :

- la biomasse de tubercules générée est plus importante lorsque l'on part de semences plus petites, même s'il est vrai que les rendements/ha augmentent avec l'utilisation de semences plus grosses ;
- seuls les premiers stades végétatifs se trouvent réellement désavantagés avec l'utilisation de coupes ou de semences réduites, un bon amendement conduisant par la suite au nivellement des différents rendements ;

- la coupe des tubercules serait plus à conseiller en cas d'absence de tubercules entiers, dans l'hypothèse de la nécessité d'augmenter la surface en culture ;
- le poids de ces tubercules semences devrait se situer entre 50 et 150 g avec une préférence pour les semences de 90 g.

Il est à remarquer que les appellations semences, boutures et tubercules-semences correspondent toutes, en brésilien, aux organes de multiplication végétatifs utilisés lors de la plantation.

Les tubercules-semences sont laissés à l'ombre d'un arbre et peuvent rester viables 3 à 4 mois dans ces conditions. Il n'est pas recommandable de les stocker dans un hangar à cause de la chaleur et du manque de circulation d'air qui induira leur flétrissement. Par ailleurs, ils devront être entiers et sans blessure, sinon ils risquent de se déprécier très rapidement. Passé décembre, ils auront déjà commencé leur départ végétatif.

### Aspects phytosanitaires

Novembre est déjà un mois trop avancé pour la plantation d'igname. La production finale va chuter considérablement avec une mise en culture si tardive. En plus de cela, la culture devra affronter les mois de pluie et sera plus sensible à la *requeima*. En 1997, est apparu une anthracnose, qui aurait infesté les cultures au travers d'un autre pathogène secondaire, selon les phytopatologues de l'IAC. En dépit de cela, aucun fongicide n'est appliqué sur l'igname car les maladies présentes ne sont pas réellement virulentes.

De même, en ce qui concerne les insectes, malgré le fait que l'igname soit cultivé dans cette même zone de façon intensive depuis plusieurs années, le problème d'éventuels prédateurs ne préoccupent pas les producteurs. Nous notons la présence de *besourinho* et de *vaquinha* qui ne causent pas de dommages préjudiciables. Les nématodes présents sont contrôlés par une rotation adéquate avec le maïs. La littérature signale de façon similaire l'utilisation d'engrais vert. L'emploi de spécialités phytosanitaires n'a jamais été signalé, si ce n'est pour la culture d'un igname particulier, exporté en direction du Japon. Comme nous l'avons signalé auparavant, ces tubercules de *D. japonica* seront bien valorisés. En contrepartie, ils nécessitent une attention particulière. Sur les parcelles visitées, après trois mois de culture, une application de deltaméthrine (Décis) avait déjà été réalisée, et, lors de la plantation de l'aldicarbe (Témik), avait été utilisée pour prévenir les possibles attaques nématodaires.

### Lutte contre les adventices

La pratique culturale la plus importante est le désherbage, l'igname étant considérée comme une culture de sol propre. Il s'agit d'une exigence primordiale

pour cette culture, une parcelle sans contrôle de l'enherbement conduit à une forte chute du rendement. Ainsi, dès la plantation, il est commun d'utiliser des herbicides de pré-émergence comme du trifluraline ou du diuron, afin de combattre ce que les agriculteurs ont coutume d'appeler *les feuilles fines*. A peine plus tard, avant la germination de l'igname, s'épand parfois un anti-dicotylédone type 2-4 D. Suivront ensuite les opérations de désherbage manuel, qui devront avoir lieu avec la plus grande précaution. Effectivement, le *D. alata* étant une plante volubile, elle entourera les adventices avec ses lianes, ce qui rendra difficile leur retrait sans endommager la culture. Ensuite, les lianes s'entrelacent et s'étendent de façon désordonnée jusqu'à former un tapis vert recouvrant totalement le sol.

### Amendements

Durant la culture, l'usage d'engrais varie d'un agriculteur à l'autre. Par exemple, l'un d'entre eux utilisait une formule sans phosphore : 2 à 3 couvertures effectuées le long du cycle avec 125-160 kg/ha de 20.0.20. Un autre effectuait une seule couverture avec une formulation 12.6.2 en proportion supérieure, 320 kg/ha. Les agriculteurs expérimentent eux-mêmes des formules pour l'amendement de leurs parcelles. D'une façon générale, l'igname est considérée comme une plante exigeante et qui épuise rapidement les nutriments du sol. Pour cette raison, en plus de la prévention des nématodes, la rotation se révèle indispensable, face aux chutes de production rencontrées lors de deux années de cultures consécutives d'igname sur la même parcelle.

### Rendements

Quant à la production, la rendement se situe dans la frange de 800 caisses/ha (20-25 t), mais il a déjà été très au-dessous de cette moyenne. En 1996, par exemple, la production a chuté pour atteindre 350 caisses, à cause du manque de précipitations durant les mois de janvier et février. Bien que *D. alata* ne soit pas aussi exigeant que *D. cayenensis* pour ce qui est des nécessités hydriques, il existe une phase critique dans son développement, durant laquelle le manque d'eau influe directement sur le rendement, ce qui occasionna cette chute en 1996. Tous les producteurs ont souffert de ces conditions climatiques, seulement les surfaces irriguées ont fourni une production raisonnable. Un producteur a réduit de 48 à 24 ha sa plantation à cause de ces pertes antérieures. Il obtiendra une production identique avec la moitié de surface en culture. Par ailleurs, l'igname étant une plante nécessitant certaines précautions, une aire cultivée si grande ne lui permettait pas d'assurer une attention totale.

## Récolte

La cueillette s'effectue le plus souvent après les pluies mais il est beaucoup plus rentable de cueillir le plus tôt possible pour obtenir un bon prix (janvier février). Initialement, un sarclage est indispensable pour couper les parties aériennes de la culture, qui resteront au sol. Ensuite, un arracheur du type de celui utilisé pour la cueillette du manioc va soulever les tubercules jusqu'à la surface. Comme nous l'avons précédemment mentionné, la hauteur du billon est très importante pour cette opération de cueillette. Elle facilite la récupération de tubercules entiers sans les endommager. La terre doit être légèrement humide sinon les plus allongés risquent de se rompre. L'opération suivante est manuelle, les ouvriers agricoles récupèrent les ignames et les disposent dans des caisses en plastique. Les producteurs estiment qu'une équipe de 5 personnes peut récolter et nettoyer 150 caisses par jour, pour un salaire de R\$ 15,00.

Durant le mois de juillet, le feuillage de l'igname vire au jaune. Tout comme dans le cas du taro, l'igname, qui a atteint son stade de maturation les mois de mai-juin, verra son nettoyage facilité, car à ce stade, les petites racines se détachent alors naturellement. Un seul des producteurs rencontrés possédait une petite machine pour le nettoyage des tubercules équipée de brosses et de jets d'eau.

## Distribution et commercialisation chez le producteur

La plus grande partie de la production part pour le marché de gros de São Paulo, une quantité insignifiante pour Campinas. Bien souvent, le Ceagesp constitue une étape obligatoire pour le transit des marchandises qui pourront passer par São Paulo pour retourner quelques jours plus tard dans leur Etat d'origine. Au tout début de la récolte, en janvier et février, les prix sont au plus haut, atteignant parfois R\$ 30,00 la caisse de 22 kg. Puis ils diminuent sensiblement jusqu'à atteindre les R\$ 5,00-6,00 à l'époque de la plus forte production qui se situe en juin, juillet et août. Auparavant, cette évolution était progressive, en 1997, à peine à la mi-mars, nous constatons déjà cette frange de prix. Les coûts de production ne furent pas communiqués par manque de connaissance des agriculteurs. Seulement, le producteur le plus important connaissait sa marge de profit qu'il évaluait à R\$ 3,00 la caisse, excluant les R\$ 0,70 de fret, R\$ 1,15 d'emballage et 18 % de commission des revendeurs du Ceagesp.

Ce même producteur destine 40 % de sa production à l'exportation pour les marchés européens et principalement l'Angleterre. Cette information est importante car, dans la littérature, personne n'indique la vente à l'extérieur d'igname en provenance de São Paulo, *D. cayenensis* étant la seule igname exportée. Ces productions atteignent les marchés destinés aux

immigrants d'origine africaine habitant en Europe. La marge de bénéfice, dans ce cas, serait de R\$ 5,00 la caisse, chiffre dont nous pouvons douter. Mais, dans ce cas, seules les plus grosses pièces de 2 à 5 kg seront exportées. Chaque tubercule sera emballé un à un dans du papier journal sans être soumis à un traitement fongique. Cette opération est réalisée par les entreprises d'exportation.

## Importance économique de cette culture

Nous apporterons une attention particulière à l'Etat de São Paulo, où nous avons pu obtenir le plus de données sur cette culture, au travers de différents organismes ou institutions. En effet, dans le Nordeste, peu de structures ont répondu à nos sollicitations afin d'avoir plus d'informations économiques à son sujet. Remarquons enfin que São Paulo représente la capitale économique du pays, et que son Etat concentre plus du quart de la population brésilienne soit environ 40 millions d'habitants.

## L'igname dans l'Etat de São Paulo

### Production et localisation

Selon les données proposées par l'Ilea, l'Etat disposerait de 240 ha de culture que nous pouvons considérer de *D. alata*, eu égard à l'hégémonie de cette espèce dans la zone climatique considérée, et une production annuelle d'environ 5 000 t. Rappelons que sur le marché de gros de São Paulo, nous rencontrons quasi exclusivement cette seule espèce ; tandis que les autres types d'ignames n'interviennent pas dans ces chiffres. *D. bulbifera*, par exemple, bien que présent sur de nombreux marchés populaires, présente une production négligeable qui ne lui permet pas de figurer dans ces relevés agricoles.

Cette production présente un caractère très régional, puisque, 2 voire 3 communes regroupent 80 % de la production. Celle-ci serait en hausse depuis l'apparition de Mogi-Mirim lors du recensement de 1995. Nipoa et Planalto, deux communes situées dans l'intérieur pauliste, à proximité de São José do Rio Preto, compteraient à elles seules près de 150 ha (tableaux VII et VIII).

Nous pouvons émettre des réserves sur ces chiffres, car il apparaît surprenant qu'une municipalité surgisse brusquement d'une année à l'autre, au sein des grandes zones de production. Qui plus est, connaissant cette région, nous pouvons affirmer que la culture de l'igname n'y est pas un phénomène récent.



Autre indication, dans une commune limitrophe, Mogi-Guassu, nous avons visité un seul producteur possédant 60 ha, soit déjà le total en culture recensé à Mogi-Mirim.

Par ailleurs, les agents de la Chambre d'agriculture de Nipoa nous indiquaient récemment que cette culture n'était plus présente sur leur commune.

### Commercialisation

Concernant la production vendue, le Ceagesp édite un bulletin journalier où figure le nombre de caisses commercialisées dans l'enceinte du marché. Nous avons recensé sur un cycle de douze mois les volumes concernés et les prix. Remarquons que les marchandises présentes sur ce marché peuvent provenir de l'Etat de São Paulo, mais aussi de tout autre Etat du pays en vue d'approvisionner la capitale d'Etat. Par ailleurs, il est également fréquent que ces mêmes marchandises transitent à nouveau, après achat, en direction d'autres Etats. Dans le cas de l'igname, pour avoir interrogé les différents revendeurs, nous avons la quasi certitude que la production est originaire de l'Etat de São Paulo, et qu'elle sera vendue pour les besoins de la capitale.

Nous notions auparavant que les populations d'origines africaines et asiatiques étaient particulièrement consommatrices de ce type de tubercule. Rappelons que São Paulo est considérée comme la première ville du Nordeste du Brésil, eu égard à l'importance des populations d'immigrés en provenance de cette région du pays, où, pour des raisons historiques, le métissage avec des populations noires fut plus important.

### Production vendue et comparaison à d'autres tubercules

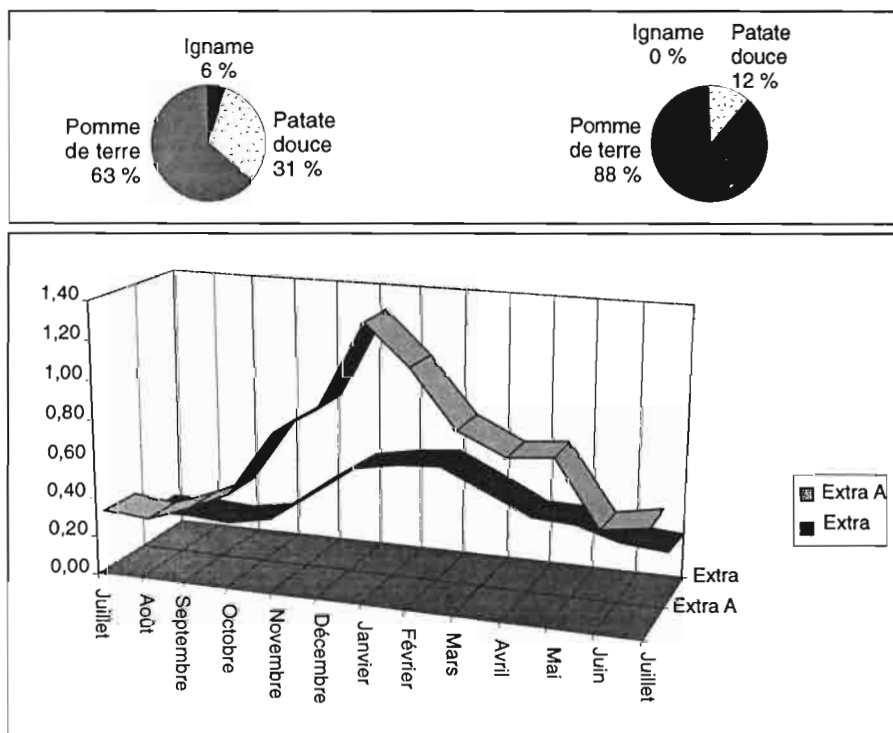
Le total concernant la période considérée — juillet 1994 à juin 1995 — avoisine les 2 700 t d'igname et montre une forte saisonnalité de la production. La participation de l'igname, si on la compare à celle de la patate douce, ou bien encore à celle de la pomme de terre, est très faible. Les secteurs représentés sur la figure 1 montrent le pourcentage de chacune de ces amylacés lors de saisons opposées, de faible et forte production de l'igname. Tout au long de l'année, ce pourcentage relatif de l'igname par rapport à ses « concurrentes » varie entre 2 et 4 %.

En été, c'est-à-dire en décembre, alors que la production de pomme de terre est très importante, le volume d'igname commercialisé est insignifiant. A cette époque, le prix de l'igname peut dépasser le dollar pour les grossistes, cela correspond à une période de haut lucre pour les producteurs possédant des terres irriguées. La pomme de terre a l'avantage d'être toujours présente sur les marchés, tout en étant proposée à un prix inférieur.

### Evolution du prix

Le prix de l'igname sur le marché de grossistes de São Paulo suit une très forte saisonnalité. Comme nous pouvons l'observer sur la figure 2, en ce qui concerne la classification supérieure Extra A, le prix au kg peut être multiplié par trois entre les périodes de basse et haute production. Cette dernière s'étend d'avril à septembre.

L'Extra A est plus sensible aux variations de l'offre sur les marchés. Notons qu'il existait une dizaine d'an-



**Figure 1.** Production vendue comparée igname/pomme de terre/patate douce. Marché grossiste de São Paulo, août 1995, février 1995 (source : Ceagesp).

**Figure 2.** Variation du prix du kilo d'igname. Marché grossiste de São Paulo, juillet 1994-juillet 1995 (source : Ceagesp).

nées auparavant quatre classifications différentes concernant ce tubercule. Cette situation n'est pas caractéristique de l'Etat de São Paulo, nous retrouvons cette forte oscillation dans la totalité des autres Etats du Nordeste pour lesquels nous avons reçu ces informations. Pour le consommateur final, il est peu fréquent de rencontrer de l'igname au-dessous de R\$ 1 le kg, soit environ 1 US\$. Les données relatives à ces deux derniers chapitres sont regroupées dans les tableaux IX, X et XI.

## Les Etats du Nordeste

Parmi les marchés de grossistes ayant répondu à notre questionnaire, se trouvaient les Etats d'Alagoas, de Bahia, de Paraíba et de Pernambuco, soit les Ceasa respectifs de Macéio, Salvador, João Pessoa et Récife. Les productions vendues de ces différents Etats sont détaillées dans le tableau I.

Les volumes d'ignames commercialisés par l'intermédiaire de ces structures d'Etat sont toujours largement inférieurs à ceux représentés par la pomme de terre. En dépit de son inadaptation aux conditions locales et aux difficultés liées à sa culture (usage important

de pesticides, renouvellement des tubercules qui sont importés) la production de pomme de terre domine celle des deux autres sources amylacées. Cependant, ces données n'intègrent pas la possible existence d'un marché informel qui ne doit pas être négligeable dans ces régions. Par ailleurs, nous ne prenons pas en compte l'importance de l'agriculture familiale de subsistance. Notons enfin que le marché d'Etat de Pernambuco bénéficie de la production de nombreux Etats limitrophes Paraíba, Alagoas.

La structure de prix est comparable, comme nous pouvons le remarquer sur le tableau II qui répertorie les valeurs minimales et maximales rencontrées sur les marchés d'Etats au cours de l'année 1996. De la même façon, le prix paraît toujours supérieur à celui des deux autres tubercules.

## Les exportations

Les chiffres obtenus auprès du ministère du commerce extérieur font référence à *l'inhamé*, ce qui signifie qu'ils regroupent à la fois le taro et l'igname. En rapprochant les données obtenues auprès de la Cacex (UNEO *et al.*, 1990), de 1985 à 1988, et ceux du ministère concerné de 1992 à 1996, nous pouvons estimer que le Brésil exportait jusqu'en 1993 aux environs de 5 000 t de ces deux produits confondus. Ces trois dernières années, ces quantités auraient considérablement chuté, comme nous l'apercevons sur la figure 3.

Si nous considérons l'estimation faite par l'leia selon laquelle le taro interviendrait à hauteur de 13 % dans le total des exportations désignées sous le générique *inhamé*, nous arrivons aux chiffres du tableau III (UNEO *et al.*, 1990). De 1992 à 1993, la classification « autres racines » a quasiment disparu. Tous ces chiffres se retrouvent dans les tableaux IX, X et XI. Nous remarquerons notamment l'attribution des valeurs d'exportation au départ de São Paulo et Rio au taro, ce qui est en contradiction avec les informations mentionnées dans le paragraphe intitulé Distribution et commercialisation chez le producteur, selon lesquelles une grande partie de la production pauliste est produite pour les besoins de l'étranger.

**Tableau I.** Production vendue d'ignames, patate douce et pomme de terre sur quatre marchés grossistes du Nordeste, en tonnes, en 1996 (source : Ceasa).

Etats	Igname	Patate douce	Pomme de terre
Alagoas	4 770	3 714	11 517
Bahia	1 392	2 599	22 285
Paraíba	849	663	3 612
Pernambuco	12 950/8 039 <sup>1</sup>	9 552	53 835

1. Les valeurs indiquées concernant l'Etat du Pernambuco représentent respectivement la production vendue de *cará da costa D. cayenensis* et *cara São Tomé D. alata*.

**Tableau II.** Prix minimum et maximum relevés en 1996 sur trois marchés grossistes du Nordeste concernant l'igname, la pomme de terre et la patate douce (R\$) (source : Ceasa, 1996).

	Igname		Pomme de terre		Patate douce	
Alagoas	0,68	1,61	0,40	0,67	0,17	0,33
Bahia	0,55	1,74	0,39	1,02	0,17	0,63
Paraíba	0,44	1,94	0,40	0,67	0,14	0,34
Pernambuco	0,56	1,69	0,42	0,81	0,21	0,47

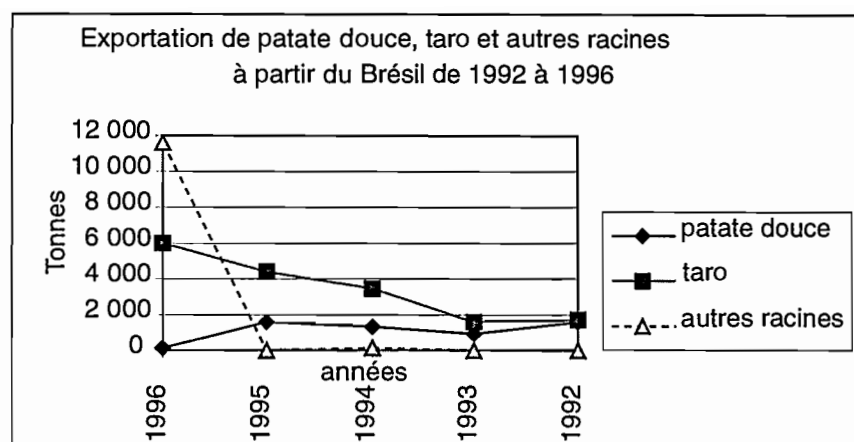


Figure 3. Quinquennat d'exportation "d'inhamé" (taro et igname) à partir du Brésil (source : Seces-decex).

Tableau III. Exportation d'igname à partir du Brésil, en tonnes (Cacex, ministère du commerce extérieur).

Années	1985	1986	1987	1988	1992	1993	1994	1995	1996
Tonnes	5 305	4 520	4 820	4 924	5 235	3 866	2 993	1 337	1 532

Ces produits seront destinés à approvisionner les marchés européens principalement l'Angleterre, les Pays-Bas, la France, ainsi que les Etats-Unis. En dépit de ces quantités modestes, l'igname intervient considérablement dans le volume global des exportations de légumes à partir du Brésil. En 1988, il était le premier de sa catégorie, totalisant 61 % de la valeur totale, suivi de la tomate 26 %, puis de la carotte 4 %. Les principaux pays importateurs, ainsi que les volumes qui leurs sont destinés se retrouvent également dans les tableaux IX, X et XI.

## Composition et transformation

L'igname est une plante dont les tubercules sont consommés cuits dans l'art culinaire régional, mais c'est également un produit d'exportation. Elle est exportée vers les Etats-Unis et utilisée pour l'extraction d'un principe actif qui est à l'origine de la synthèse de cortisone (MARTIN *et al.*, 1966). La commercialisation interne est effectuée sur les marchés, les supermarchés et autres revendeurs. Il s'agit d'un plat d'une excellente saveur, très apprécié. Il est consommé avec de la viande, du poisson ou une boisson lactée, comme le *quibebe*, qui est un mélange de lait et d'igname cuit, ayant une très bonne acceptation dans le Nordeste du Brésil. Il peut également être mélangé avec de la farine de blé pour la panification.

Au Brésil, en raison de l'absence d'industrie et du manque de méthodes de conservation post-cueillette, son importance est réduite, limitant sa consommation aux régions productrices durant la récolte.

Son prix de vente est également supérieur à celui du manioc, arrivant dans la majorité des cas au triple de sa valeur. Le comportement de cette culture est dû à deux facteurs : manque de structure de stockage et de conservation post-cueillette, coût de production élevé dû à l'absence de technologie appropriée. C'est un produit calorique, de digestibilité facile, conseillé pour les personnes faibles et en convalescence.

Pour CAMARA FILHO *et al.*, (1967) la farine d'igname pourrait être additionnée à la farine de blé pour la fabrication de pain, dans une proportion pouvant atteindre 20 %, sans en altérer les qualités gustatives. C'est un produit très riche en amidon et en vitamines du groupe B12, et une source importante de substrat pour la synthèse de cortisone (USDA, 1957) ainsi que de stéroïdes (MARTIN *et al.*, 1966).

Les tableaux IV et VI montrent respectivement la composition chimique de l'igname et de différentes variétés cultivées dans le Pernambuco. Le tableau V montre la composition chimique de divers types d'igname et de certains de ses produits. Nous pouvons observer que l'igname présente une forte teneur calorique due aux composés glucidiques, mais est également riche en calcium et phosphore.

Tableau IV. Composition de l'igname (*Dioscorea cayenensis*, Lam) (source : PAULA, 1952).

Substance	%
Eau	68,4
Protéines	2,0
Matière grasse	0,1
Hydrates de carbone	27,3
Fibres	1,1
Cendres	1,1

**Table V.** Composition de quelques ignames et de leurs produits (poids/100 g de produit) (source : FRANCO, 1996).

	Calories	Glucides g	Protéines g	Lipides g	Calcium mg	Phosphore mg	Fer mg
Cará	70,2	15,80	1,30	0,20	18	96	0,50
Cará barbado	81,8	16,66	1,01	0,35			
Cará branco	50,3	10,41	2,11	0,03	18	92	0,57
Cará caratinga	117,7	26,42	2,97	0,02			
C. caratinga brava	52,0	8,00	1,70	1,47			
Cará da terra	94,9	19,92	3,44	0,17	19	93	2,03
Cará de angola	102,5	24,32	1,03	0,11			
Farinha de cará	335,0	80,00	3,40	0,40	20	110	1,10
Pão de cará	273,0	62,10	5,80	1,10	30	109	1,80
Cará-guiné	92,1	21,20	1,87	0,03			
Cará inhame	113,1	27,16	1,03	0,11			
Cará-mandioca	77,4	17,71	1,09	0,25			
Cará-mimoso	35,9	7,94	0,82	0,10			
Cará-moela	63,3	14,80	0,53	0,23	67	54	0,80
Cará-pé-de-anta	74,0	16,4	1,98	0,04			
Cará roxo	18,5	4,16	0	0,20	40	51	0,79
Cará-sapateiro	78,3	15,31	0,53	1,66	34	40	2,96

**Table VI.** Composition chimique de diverses variétés d'igname (*Dioscorea* spp., Lam.) dans l'Etat de Pernambuco (source : Ipa, 1958).

Cultivars	Humidité	Amidon	Protéines	Cendres	Cellulose et autres
Da costa	60,32	30,84	1,51	0,91	5,42
Mandioca	71,48	18,84	2,23	1,07	5,38
Nanbú	74,93	21,69	0,94	0,47	1,97
São Tomé	71,96	18,40	1,43	0,55	7,66

Un autre type d'igname cultivé et commercialisé au Brésil est dénommé *cará de rama*, igname de branche (*Dioscorea bulbifera* L.). GIACOMETTO (1984, 1986, 1987) montra que la farine de *D. bulbifera* contient près de 79,14 % d'amidon en base sèche et que la partie d'amidon de cette farine est composée de grains fortement anioniques avec prédominance d'une forme triangulaire mesurant en moyenne 34,94 m. Cet auteur détermina d'autres caractéristiques de l'amidon d'igname, il contient environ 22,57 % d'amylose et la température de gélatinisation est la même que celle du maïs. Il présente un pouvoir d'expansion limité, forme des gels peu élastiques et des pâtes stables à la chaleur et l'agitation dans un pH oscillant de 4 à 7. Les pâtes gélatinisées montrent une tendance accentuée à la rétrogradation et une grande exsudation de liquide, ressemblant, dans la majorité des cas, à une pâte d'amidon de maïs.

PAULA (1952) affirme que l'igname possède les principaux composants du complexe vitaminique B, y

compris la présence d'un facteur de croissance qui est la flavine.

Les tentatives d'utilisation de la technologie et équipements adaptés au manioc furent un échec. Ces expériences indiquent le manque de technologie appropriée pour la transformation de l'igname au Brésil.

Les expérimentations réalisées au Cerat (ALVAREZ *et al.*, 1997) concernant l'extraction d'amidon d'igname (*D. alata*) ont montré la faible efficacité d'extraction des méthodes utilisées actuellement. La plus grande difficulté réside dans le bas pouvoir de décantation du lait d'igname. Au cours de ces essais furent tentés différents types d'hydrolyse avec l'objectif de faciliter la séparation et la décantation de l'amidon. Les meilleurs résultats furent obtenus avec des acides faibles comme l'acide citrique ou l'acide phosphorique, conduisant à des taux d'extraction variant de 1 à 5 %. Les recherches futures donneront lieu à

l'amélioration des méthodes d'extraction avec l'usage d'autres réactifs tentant d'améliorer le processus de décantation, ainsi que la modification des équipements pour définir un processus d'extraction rentable.

action comprend l'étude de toutes les cultures représentées dans cet Etat. Divisé en aire technique, la section de racines et tubercules a édité de nombreux travaux relatifs à *D. alata*.

## Centres de recherche impliqués

De nombreuses institutions brésiliennes ont su animer des équipes de recherche et des compétences autour des différentes espèces du genre *Dioscorea*. Ce chapitre se propose de passer en revue ces principaux acteurs et les travaux menés par chacun d'entre eux.

### L'institut agronomique de Campinas

L'Iac est rattaché au ministère de l'agriculture du gouvernement d'Etat de São Paulo. Il fait partie de la coordination de la recherche agronomique et son

Cette section, dirigée par le chercheur José OZMAR LORENZI, recouvre tous les aspects de phytotechnie ; en ce sens, elle ne fait pas, par exemple, de génétique mais de l'amélioration végétale, la première discipline étant laissée à une autre section. Il en est de même pour les sections d'entomopathologie, de phyto-logie ou de phytochimie avec lesquelles existent de nombreuses synergies, choisies en fonction du type de travail en cours. Ainsi, les activités de la Srt regroupent les aspects de nutrition des plantes, amendements (grâce à un laboratoire de fertilité), mais aussi contrôle de l'enherbement, préparation du sol, époque de plantation, espacement et densité, soit d'une façon générale ce que l'on dénomme les pratiques culturales. Notons enfin que l'Iac dispose de plusieurs sites et de parcelles expérimentaux dans différents points de l'Etat de São Paulo.

**Tableau VII.** Superficie, production et rendement à l'hectare dans l'Etat de São Paulo par commune (1995) (source : Iea, São Paulo).

Commune	Superficie	Caisses 24 kg	Tonnes	Caisses/ha	Tonnes/ha
Birita mirim	1	1 700	41	1 700	41
Piracaia	1	800	19	800	19
Tuiuti	10	5 000	120	500	12
Paulínea	8	3 360	81	420	10
S. Antonio da posse	10	10 000	240	1 000	24
Mogi-mirim	60	60 000	1 440	1 000	24
Holambra	6	4 980	120	830	20
Charqueada	6	5 400	130	900	22
Rio claro	1	800	19	800	19
Planalto	65	45 500	1 092	700	17
Nipoa	70	70 000	1 680	1 000	24
Aspasia	1	600	14	600	14
Total	239	208 140	4 995	854	21

**Tableau VIII.** Superficie, production et rendement à l'hectare d'igname dans l'Etat de São Paulo pour les deux communes de Nipoa et Planalto (1992, 1993, 1994) (source : Iea São Paulo).

1994	Superficie	Caisses 24 kg	Tonnes	Caisses/ha	Tonnes/ha
Planalto	60	42 000	1 008	700	17
Nipoa	50	50 000	1 200	1 000	24
Total	124	100 360			
1993					
Planalto	60	42 000	1 008	700	17
Nipoa	50	50 000	1 200	1 000	24
Total	124	100 360			
1992					
Planalto	80	56 000	1 344	700	17
Nipoa	100	100 000	2 400	1 000	24
Total	206	182 100			

**Tableau IX.** Exportation de racines et de tubercules au départ du Brésil de 1992 à 1996. Les chiffres concernant « l'inhame » regroupent taro et igname (source : Cacex).

	1992	1993	1994	1995	1996
Patate douce	131	1 557	1 282	870	1 648
« Inhame »	6 017	4 444	3 441	1 537	1 761
Autres racines	11 634	61	135	0	4
Manioc	3	8	20	0	6
Gingembre	3 800	6 877	6 721	6 277	5 033
Curcuma	54	25	0	0	0
Total	21 639	12 972	11 599	8 684	8 452

**Tableau X.** Production exportée d'igname et de taro en provenance des Etats du Nordeste. Les valeurs concernant l'Etat de São Paulo concerneraient seulement le taro (source : UENO *et al.*, 1990).

	1985	1986	1987	1988
Ceara	2 209	1 352	1 190	677
Paraíba	1 359	2 027	820	563
Pernambuco	1 262	320	1 110	1 704
Rio Grande do Norte	757	408	314	258
Bahia		597	1 139	1 612
São Paulo	397	449	698	779
Rio de Janeiro	53	21	2	0
Outras	61	13	123	97

**Tableau XI.** Exportation d'igname et pays de destination (source : UENO *et al.*, 1990).

Pays de destination	1985	1986	1987	1988
Angleterre	2 565	2 197	2 325	2 494
Etats-Unis	2 678	2 209	2 381	2 190
France	283	379	4 818	627
Hollande	439	285	200	312
Belgique	115	82	55	2
Allemagne occidentale	16	9	7	7
Allemagne orientale	-	12	-	25
Porto Rico	-	20	45	-
Nouvelle-Zélande	-	-	38	-
Autres	3	2	4	4
Total	6 098	5 197	5 540	5 660

De cette façon, l'Institut agronomique de Campinas a toujours eu un rôle important dans l'accompagnement des producteurs grâce à leurs activités de vulgarisation. L'ensemble de ces lignes de recherche provient de la localisation de l'institut, situé à proximité d'une région productrice. Effectivement, l'igname fut tout d'abord limitée aux alentours de la grande conurbation de São Paulo puis, victime de la pression immobilière, elle dut se délocaliser à l'intérieur de l'Etat, principalement dans la région de Campinas.

Ainsi, dès les années 40, les chercheurs de la Srt éditerent un bulletin sur cette culture afin d'en

promouvoir la diffusion. Ces éditions donnent une ligne directrice pour la culture de l'igname de la plantation jusqu'à la récolte de ce tubercule. Cette recherche et ce souci de vulgarisation existent encore aujourd'hui ; le dernier bulletin technique fut effectivement publié en 1993. Dans ce domaine, nous pouvons citer les chercheurs Pais de CAMARGO, Domingos Antonio MONTEIRO, Valdemir Antonio PERESSIN et Robert DEUBER. Beaucoup d'autres travaux furent également édités sur la multiplication de cette culture et la viabilité des boutures, comprenant les mêmes agronomes ainsi que les chercheurs Edgard S. NORMANHA, José Breta FILHO et Eduardo ABRAMIDES.

La Srt possède une collection respectable de 13 différentes variétés de *D. alata*, des plants de *D. cayenensis*, *D. bulbifera* et d'autres espèces d'ignames sauvages et importés produisant des sapogénines, matière première utilisée pour la synthèse d'hormones. A ce sujet, à la fin des années 70, la section a développé un projet avec les laboratoires Lepetit puis avec Dow Chemical pour l'extraction et l'isolement de diosgénine à partir de ces variétés. Ce travail fut réalisé avec la section de phytochimie, par les chercheurs Marco Antonio TEIXERA ZULLO et Maria Tereza BARALDI RAMOS.

*D. composita* et *D. floribunda*, d'origine mexicaine, furent introduites au Brésil sous forme de semences pour les besoins de cette expérimentation. Cette importation fut nécessaire en raison de l'inexistence de variété au Brésil permettant une obtention économique viable de diosgénine (ZULLO, 1987).

Enfin, la section participa également à l'implantation d'ignames cultivées au Japon *D. opposita* puis *D. japonica* pour une société japonaise présente à São Paulo. Ce tubercule peut être utilisé *in natura*, dans les salades par exemple.

## L'institut botanique de São Paulo

Organisme également dépendant du gouvernement d'Etat, mais cette fois rattaché au ministère de l'environnement, l'institut de botanique est située dans le parc Agua Branca, en périphérie de São Paulo. Les chercheurs de cet établissement suivent, depuis 1985, de nombreuses lignes de recherche dans les domaines de la taxonomie, les pouvoirs germinatifs, les sapogénines, la composition biochimique, les teneurs et qualité des carbohydrates, l'identification d'isoenzymes et enfin des analyses de développement, pour les espèces du genre *Dioscorea*, ainsi que d'autres plantes à organes souterrains natives du *cerado* brésilien.

Les deux chercheurs les plus investis dans ce domaine sont C.L. FIGUEIREDO RIBEIRO et E.P. CHU. En 1991, il publièrent un article fort intéressant concernant la diversité des ignames rencontrés au Brésil. Ils joignirent ainsi des informations sur les utilisations des espèces natives et introduites (8 espèces sont encore conservées en chambre de culture).

Les espèces natives de la forêt tropicale *D. delicata* et *D. olfersiana* donnèrent lieu à de nombreux articles concernant leurs semences et tubercules. Dans le premier cas, il s'agissait d'étude du pouvoir germinatif et de la variation des composés de réserve durant le stockage (carbohydrates solubles et amidon), la sensibilité à la température et à la lumière ainsi que des analyses de teneur en saponines et sapogénines (diosgénine, yonogénine, tokorogénine

et kogagénine) et de leur activité inhibitrice de la germination. Les semences de *D. composita* furent soumises aux mêmes essais concernant la germination.

Dans un second cas, des tubercules de *D. delicata* et *D. olfersiana*, furent analysés en déterminant les teneurs et les compositions en hémicellulose à différentes étapes de croissance durant deux ans et demi de culture. Il s'agit de polysaccharides non amylacés de réserve qui entrent dans la composition des parois cellulaires (CHU *et al.*, 1986).

Cette même dioscoriacée *D. olfersiana* fut également sujette à un travail d'identification des structures stéroïdales de ses sapogénines en utilisant des techniques analytiques de résonance magnétique nucléaire et de chromatographie sur gel Tlc (HARAGUCHI *et al.*, 1994). Ce dernier travail mit en exergue la diversité et le mélange complexe de saponines présent dans cette espèce, en relevant plus de 12 points distincts.

Actuellement, le chercheur Edison CHU suit un programme de doctorat intitulé Propagation et modèle d'isoenzymes d'espèces natives de *Dioscorea*. De plus, de nombreux travaux furent effectués ou sont encore en cours concernant les espèces suivantes : *Gomphrena officinalis* et *G. macrocephala*, *Vernonia herbacea*, *Viguiera discolor* pour ses teneurs en sapogénine et en frutane, *Conchospermum regium*, *Polymnia sonchifolia*, *Xanthosoma sagittifolium*.

## Cenargen-Embrapa

Les deux thèmes de recherche relatif au genre *Dioscorea* sont en développement au Cenargen (Centro Nacional de Recursos Geneticos e Biotecnologicos) et à l'Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria) sont les suivants :

- prélèvement et reconnaissance du matériel végétal ;
- constitution d'un germoplasma à Brasilia.

Ces deux institutions promeuvent depuis le début des années 1980 des missions de collecte de germoplasma au travers du Brésil, sous forme de tubercules, organes de propagation végétatifs ou aériens, semences (selon qu'il s'agisse d'igname ou de patate douce). Les travaux concernant l'igname montrent une grande variabilité génétique, présentée à la fois par les espèces sauvages et cultivées.

Des chercheurs du Cip (Centro Internacional de la Papa) au Pérou et du Sefctmg (Setor de Ecosistemas da Fundação Centro Tecnológico do Minas Gerais) sont également partenaires dans ce projet. Les principaux objectifs de cette collecte sont l'enrichissement de la variabilité existante et l'introduction de matériel en collections spécifiques (PEDRALLI, 1988). Cela permettra la caractérisation, l'évaluation et la conservation de cette diversité, laquelle sera ainsi protégée



et disponible pour des programmes d'amélioration végétale. Parallèlement, des études taxonomiques sont en cours.

De nombreux Etats participent à ce programme de relevé floristique : Rio Grande do Sul, Minas Geraes, Bahia, Espirito Santo, Goiás, Mato-Grosso. La mission a souligné l'intérêt des collectes réalisées en réserves indigènes notamment chez les ethnies Borore et Xavante. En effet, ces expéditions mirent en évidence le rôle de ces populations dans la préservation de ce matériel végétal. Elles observèrent une biodiversité beaucoup plus limitée dans les zones qui subirent une mécanisation avec l'arrivée des cultures de maïs, de haricot, etc. Enfin, elles montrèrent un polymorphisme très marqué à l'intérieur de chaque espèce dû, manifestement, à une adaptation aux conditions de milieu.

Une thèse de doctorat est en réalisation par le chercheur Gilberto PEDRALLI concernant toutes les espèces de la *cadeia do Espinhaço*, couvrant les Etats du Minas Geraes et de la Bahia. Ce fut ce même scientifique qui développa ces travaux conjointement avec le Dr Ivo Roberto SIAS COSTA du Cenargen. Remarquons enfin l'existence d'une banque de germoplasma pour l'igname et la patate douce à Brasilia, disponible pour de futurs travaux en association.

## L'université fédérale de Recife et l'Institut de recherche agronomique de Pernambuco

Eu égard à la diffusion du *cará da Costa* dans l'Etat de Pernambuco, il apparaît normal que la plupart des lignes de recherche conduites à l'université fédérale de Recife soient orientées vers cette culture. L'école supérieure d'agriculture, compte, en effet, de nombreux chercheurs reconnus ayant étudié de nombreux aspects culturels relatifs à *Dioscorea cayensis*.

Au début des années 70, Alves da SILVA ALVARO édita un recueil intitulé *Le cará da Costa* qui fut durant de nombreuses années une référence (SILVA, 1971). Ce livre couvrait tous les aspects relatifs à la conduite de cette culture. Puis, Antonio Fernando de SOUZA LEAO VEIGA fit divers travaux concernant l'identification des prédateurs en plein champ ou dans les conditions de stockage. Il donna ainsi divers moyens de lutte employant des insecticides organophosphorés de l'époque (VEIGA, 1974).

Enfin, Romero MARINHO DE MOURA publia une série de travaux concernant la phytopathologie de cette espèce et son incidence dans le Nordeste. Il faut noter les publications touchant aux différentes attaques fongiques apparaissant sur l'igname : *Penicillium sclerotigenum*, *Rhizopus oryzae*, ainsi que les

évaluations de différentes spécialités chimiques pour leur contrôle. Enfin, plus récemment, ses études ont porté sur les apparitions d'attaques de nématodes dans cette région notamment celles de *Pratylenchus coffeae* (MOURA et al., 1976, 1980, 1989).

## Autres institutions

Peu de travaux furent entrepris sur les aspects de valorisation industrielle de ce tubercule. Notons les essais mis en place par Camara FILHO, en 1967, sur la préparation de farines mixtes panifiables. Plus récemment, citons la trilogie de publications de MARNEY PASCOLI CEREDA concernant *D. bulbifera*, production de farine et composition chimique, propriétés des grains d'amidon, et rhéologie (GIACOMETTO et al., 1986). Enfin, il est important de nommer le professeur Isa NOHL, de la faculté de pharmacie de l'université fédérale de Rio Grande do Sul, pour ses travaux d'identification de diosgénine.

Il est bien entendu fort probable que certaines institutions ou chercheurs soient absents de cette recherche bibliographique. Nous vous prions d'excuser ces lacunes qui concernent les travaux qui ont échappé à notre relevé. Par le biais du Cerat, nous favorisons l'échange de connaissances, d'informations et de publications.

## Conclusion

Ce qui caractérise l'igname au Brésil, c'est avant tout l'absence d'information à son sujet. Bien qu'il soit un tubercule d'une importance considérable dans le cadre de l'alimentation de couches sociales modestes, son exploitation n'est pas suffisamment répandue. Bien au contraire, elle est bien souvent limitée à un nombre restreint de producteurs, dominant relativement bien sa culture. Dans ce cas, il s'agit souvent de grosses exploitations, dont la production peut être en partie destinée à l'exportation.

Les espèces natives, ne sont pas, elles non plus, suffisamment valorisées. Laisseries pour compte, elles sont souvent limitées à des jardins créoles ou à des agrocultures itinérantes. Nous les rencontrons également sur le littoral pauliste, qui constitue encore une réserve pour cette biodiversité.

Ce qui choque enfin, c'est la rareté des travaux concernant la valorisation industrielle de ce tubercule. Notamment en ce qui concerne ses applications alimentaires, il serait intéressant de s'inspirer des multiples transformations existantes en Afrique.



## Références bibliographiques

- ALVAREZ H., RIERA L., CEREDA P. M., 1997. Extração de fécula de cará (*Dioscorea alata*). Programa RHA. CERAT/UNESP. Botucatu, (no prelo).
- ALVES DA SILVA A., 1971. Cultura do cará da Costa. Universidade federal rural de Pernambuco, Banco de Nordeste do Brasil, 66 p.
- ALVES R.M.L., GROSSMANN M.V.E., SILVA R.S.S.F., 1996. Efeito de variáveis da extrusão nas propriedades funcionais de amido. Congresso Latino Americano de Raízes Tropicais, 7 à 10 outubro de 1996, São Pedro SP, Brazil.
- AVILA de C.A., GAMAS de M.I.C., KITAJIMA E.W., 1982. Detecção de um potyvirus em inhame (*Dioscorea* spp.) no Brasil, Fitopatologia brasileira 7: 447-452 p.
- CAMARA FILHO JCS *et al.*, 1967. Aproveitamento da farinha de cará da costa na preparação de farinhas mistas panificáveis. IPA. Boletim técnico, vol. 26.
- CAMARGO P. de A., 1954. Instruções para a cultura de cará. Instituto Agronomico de Campinas, Secção de Raízes e Tubérculos, Boletim Nº 56, 6 p.
- CAMARGO P. de A., 1947. Corte de tubérculos de cará (*D. alata* L.), Instituto Agronomico de Campinas, Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, Brazil. Separata de Bragantia 7: 55-68 p.
- CAMARGO P. de A., BOOK O.J., 1944. Influência do tamanho do tubérculo-semente na produção de cará. Instituto Agronomico de Campinas, Brazil. Bragantia vol. 4 Nº 10.
- CAMARGO P. de A., 1954. Cultura do cará, Instituto Agronomico de Campinas, O Agronomico 6 (68-69) 11-17 p.
- CAMARGO P. de A., 1968. Cará fornece calorias, FIR, São Paulo, Brazil, 10 (11) : 41-44 p.
- CHENG H.L., SHUH M.C., 1978. Studies on the starch in Taiwan. 1. Sweet potatoes, Yam, Arrowroot starch., Institute of Chemistry, Academia Sinica, Taipei, Proc. Natl. Sci. Council 2 (4) 416-423 p.
- CHU E.P., FIGUEIREDO-RIBEIRO R.C.L., 1991. Native and exotic species of *Dioscorea* used as food in Brazil, Economic Botany 45 (4) : 416-424. CHU E.P., FIGUEIREDO-RIBEIRO R de C.L., 1986. Polissacarídeos hemicelulósicos de tubérculos de *D. delicata* R. KNUTH e *D. olfersiana* K.L. composição e alterações durante o desenvolvimento. Hoehnea 13 : 87-94 p.
- CIACO C.F., D'APPOLONIA B.L., 1976. Characterization of starch from various tubers and their use in bread baking, Cereal Chemistry 54 (5) 1 096-1 107 p.
- DEUBER R., MONTEIRO D.A., 1972. Uso de herbicidas na cultura de cará (*D. alata*), IX Seminario Brasileiro de Herbicidas e Ervas Daninhas, Campinas SP, 24-27 de Julho 1972.
- FRANCO G., 1996. Tabela de composição química dos alimentos, 9a edição. Atheneu, São Paulo, Brazil.
- GIACOMETTO A.P., WOSIAKI G., CEREDA M.P., 1987. A farinha de cará de rama (*D. bulbifera* L.) III Propriedades reológicas das pastas de amido, Arquivos de Biologia e Tecnologia 30 (3) : 463-479 p.
- GIACOMETTO A.P., WOSIAKI G., CEREDA M.P., 1987. A farinha de cará de rama (*D. bulbifera* L.) II. Propriedades dos granulos de amido, Arquivos de Biologia e Tecnologia 3 à (2) : 317-325 p.
- GIACOMETTO A.P., WOSIAKI G., CEREDA M.P., 1986. A farinha de cará de rama (*D. bulbifera* L.) I. Produção e composição química, Arquivos de Biologia e Tecnologia 29 (4) 651-660 p.
- GIACOMETTO A.P., 1984. Amido de cará de rama (*Dioscorea bulbifera*, L.): Propriedades dos grânulos e das pastas. Dissertação mestrado em tecnologia de alimentos. Fundação universidade Estadual de Londrina. Londrina, 1984.
- HARAGUCHI M., ZACCARIAS A.P., YOUNG M.C.M., CHU E.P., 1994. Steroidal prosapogenins from *D. olfersiana*. Phytochemistry 36 (4) : 1 005-1 008.
- IPA (Instituto de pesquisa agrônomicas) 1958. Certificado de análises números 31 a 33, Datilog, Recife, Brazil.
- LADEIRA A.M., CHU E.P., MAYWORN M.A., FIGUEIRO-RIBEIRO R.C.L., 1993. Seed of *Dioscorea delicata* and *D. olfersiana*; germination and reserve compounds Hoehnea 1951/2 :135-142.
- LEAO VEIGA A.F.S., 1974. Contribuição ao conhecimento das pragas do cará da costa (*Dioscorea cayensis* L.) e seu controle no estado de Pernambuco, universidade federal rural de Pernambuco, secretaria de agricultura, instituto de pesquisa agronomicas. Boletim técnico nº 69 1-38.
- MARTIN F.W., 1966. The Economics of the sapogenin bearing yam as a crop plant in Puerto Rico. J. Agri. Rio Piedras. Puerto Rico, v. 50, n.1, p. 53-68.
- MEDEIROS A.G., AQUINO N. de M.L., 1964. Ocorrência de *Curvularia maculans* Boedjin Var. Macrospora, nova variedade, em folhas de cará (*Dioscoreaceae*) no estado de Pernambuco. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, Boletim técnico Nº 7, 9 p.
- MONTEIRO D.A., PERESSIN V.A., 1993. Instruções para a cultura do cará, Instituto Agronomico de Campinas, Boletim técnico do IAC Nº 147.
- MOORTHY S.N., 1991. Extraction of starch from tubers crops using ammonia, Carbohydrate Polymers 16, 391-398 p.
- MOURA R.M.de, MOURA A.M., 1989. Ocorrência da Pratilencose do inhame no Estado da Paraíba, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, XIII Congresso Brasileiro de

Nematologia, Maceio, Alagoas, Brasil, 20-24 Fevereiro 1989.

MOURA R.M., 1980. Efeito do benomyl no controle da Podridão verdedo inhame (*D. cayenensis* L.) em condições de armazenamento, Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Pernambuco, Fitopatologia Brasileira vol. 5; 299-304 p.

MOURA R.M., RIBEIRO P.G., COELHO, R.S.B., SILVA JUNIOR J.N., 1976. *Penicillium sclerotigenum* Yanamoto, principal fungo causador de podridão em tuberas de inhame (*Dioscorea cayenensis* Lam.), no estado de Pernambuco, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Fitopatologia Brasileira, vol. 1 67-75 p.

NEME R., ROSSI D., Cultura do cará, Sirel Agrícola SP 1 (3) : 39-40.

NORMANHA E.S., BRETA FILHO J., ABRAMIDES E., 1962. Corte de tubérculo -semente de cará *Dioscorea alata* L., Viçosa, Olericultura 2 : 61-71.

PAIS DE CAMARGO A., BOOK O.J., 1944. Influência do tamanho do tubérculo-semente na produção de cará. Instituto agronomico de Campinas, Bragantia vol. 4, nº 10.

PAULA H.D. de G., 1952. Alimentos. Casa do estudante do Brasil. Rio de Janeiro, Brazil, p. 176-179.

PEDRALLI G.O., 1988. Inhame, esse desconhecido. Ciencia Hoje, Rio de Janeiro, Brazil, 8 (46) : 58-62 p.

PEIXOTO A.R., 1960. Cará, tubérculo rico em vitaminas, Sirel Agrícola S.P. 1 (10) : 33-34 p.

SILVA A da A., 1971. Cultura do cará da Costa Universidade Federal Rural de Pernambuco, Banco do Nordeste do Brasil, 75 p.

UENO L.H., SILVA J.R., HATUE L.U., DA SILVA J.R., 1990. Fontes de suprimento, estacionalidade e exportação de inhame, 1983-1988, Instituto de Economia Agrícola, São Paulo, Brazil. Informações Economicas 20 : 6, 9-17 p.

USDA, 1957. Plant explorers study cortisone-producing yams in Latin America. Washington, Etats-Unis.

VEIGA L.A.F.S., 1974. Contribuição ao conhecimento das pragas do cará da costa (*Dioscorea cayenensis* L.) e seu controle no estado de Pernambuco, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Secretaria de Agricultura, Instituto de Pesquisas Agronomicas. Boletim técnico Nº 69 1-38.

ZULLO M.A.T., RAMOS M.T.B., MONTEIRO D.A., GODOY G.J., 1987. Extração e isolamento de diosgenina de barbasco. Instituto Agronomico de Campinas, Brazil. Bragantia vol. 46 : 1, 9-15, p.87.

# La culture de l'igname au Mali

H. SANOU

Ier, BP 258, Bamako, Mali

## Introduction

Au Mali, la culture de l'igname se fait essentiellement dans la zone sud. Cette zone englobe une surface rurale de 96 000 km<sup>2</sup> et compte 2,8 millions d'habitants répartis entre 3 918 villages. En plus de l'igname, les paysans associent d'autres cultures telles que le sorgho, le petit mil, le maïs et le coton. D'autres moins importantes en terme de superficies cultivées sont pratiquées dans cette région. Il s'agit du riz (dans les bas-fonds) et de l'arachide dans les zones plus sèches. On ne dispose d'aucune donnée concernant la production d'igname au Mali, celle-ci étant cultivée de façon traditionnelle afin d'assurer des devises aux paysans ainsi que pour leur propre consommation. La culture de l'igname connaît des contraintes liées aux aléas climatiques et à l'augmentation des superficies cultivées, elles-mêmes en rapport avec la pression démographique. Par rapport au coton et au maïs cultivés de façon intensive, l'igname profite moins de la mécanisation et les engrais chimiques ne sont pas mis à profit pour ce tubercule. La culture est pratiquée par les populations Sénoufo, Bambara, Samoko et Malinké. Les espèces cultivées sont par ordre d'importance : *Dioscorea cayenensis rotundata*, *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. esculenta*. Des formes sauvages existent également dans les brousses.

## Importance de l'igname dans l'alimentation au Mali

Au Mali, l'agriculture est essentiellement basée sur celle des céréales mais la culture des plantes à tubercules, en particulier celle de l'igname, de la

patate douce et du manioc connaît une nette progression tendant ainsi à diversifier l'alimentation et à combler en partie le déficit céréalier. L'igname se consomme braisée, bouillie, frite, bouillie puis pilée. Elle s'utilise de façon spéciale lors des cérémonies de mariage et de baptême. Les études menées sont fragmentaires si bien qu'aucune précision n'existe encore sur les tonnages.

## Résultats d'une prospection

### Prospection et collecte

Le but de cette prospection était de collecter des variétés cultivées et sauvages afin d'étudier la diversité génétique des ignames au Mali et de mettre en place des systèmes de conservation *in situ*. Deux zones écologiques ont été prospectées, un total de 4 200 km a été ainsi parcouru.

Les espèces récoltées sont les suivantes :

– *Dioscorea cayenensis-rotundata*, Kounougouni, Singuinrin, Wakrou, Gnan, Tiémokôchi, Tièyémôyé, Mississin, Guarakié, Koudiè, Krenglé, Nionssônibo, Sofèfè, Bankourou, Guahan, Samassens, Kounfini, Moussokôrôni, Kinguirin.

– *Dioscorea alata*, Samagni, Yalémanoyon, Florido, Magni, Kouba, Gnalégué, Koufoura, Kouwoulé, Gorokwoulé, Yalékounblan, Guangari.

– *Dioscorea bulbifera* (deux formes ont été recensées : la variété à bulbille blanche et celle à bulbille verdâtre).

– *Dioscorea esculenta*, les espèces sauvages. Elles n'ont pu être identifiées. La récolte des tubercules a été très difficile puisqu'ils s'enfouissent très en

profondeur, le plus souvent entre des rochers. La prospection ayant eu lieu en décembre, le sol était très sec, ce qui a occasionné des blessures sur les tubercules au moment de la récolte rendant ainsi leur conservation difficile.

## Conservation

Les tubercules ont été conservés sur des claies dans un magasin bien aéré à la sous-station de Farako, localité située à 30 km de Sikasso. Il est à signaler que ce type de conservation n'est pas l'idéal pour les ignames qui ont besoin d'une paillote bien aérée.

## Culture de l'igname

Lors de la mise en culture, les principales attaques constatées étaient celles causées par les cochenilles. Ces tubercules contaminés ont été traités avec le chorpyrifos à raison de 60 ml/l d'eau avant la plantation qui a eu lieu fin avril.

De grandes buttes espacées de 1,5 m ont été mises en place après défrichement de la parcelle car, selon les paysans, les grandes buttes favoriseraient l'obtention

de gros tubercules. Quelques semaines après levée, les plants ont été tuteurés ; le cycle végétatif doit durer 9 mois.

Une mise au point des systèmes de conservation est nécessaire.

Pendant longtemps, au Mali, la CMDT (Compagnie malienne de développement textile) a mis un accent particulier sur le développement des cultures de rente et celle du coton en favorisant l'obtention des intrants sous forme de crédit de campagne par les paysans, crédit qui n'est d'ailleurs remboursable que pendant la commercialisation du coton. Bon nombre de paysans se sont ainsi adonnés à la culture du coton au détriment de celle de l'igname. Cette situation a engendré une forte érosion génétique chez la plante. Il devient alors impérieux de mettre en place un système de conservation de ces ressources génétiques dans les principales zones de culture en collaboration avec les paysans (conservation *in situ*). Un système de conservation *ex situ* est également prévu au Mali. La conservation des graines en chambre froide chez les espèces à reproduction sexuée devrait aussi être envisagée. Ces différentes étapes devraient aider à l'évaluation et la caractérisation de la diversité chez les ignames au Mali.

Session VII

# **Comptes rendus des groupes de travail**





# C

## omptes rendus des groupes de travail

### Groupe connaissance de la plante

Les discussions de notre groupe ont été très animées. Nous avons eu parfois des échanges très chauds, mais toujours axés sur les progrès des connaissances en ressources génétiques.

Nous avons commencé par passer en revue les propositions existantes dans les différentes régions et en Afrique. Nous avons identifié deux projets de propositions en Afrique de l'Ouest, préparés par le Réseau africain de l'igname et une proposition sur la biodiversité génétique. En Afrique de l'Ouest, le Réseau africain de l'igname a proposé la collecte, la conservation et la caractérisation des germoplasmes, et le transfert de ces ressources aux régions de culture et les applications possibles dans le domaine de la domestication.

Comme je l'ai déjà dit, la deuxième proposition était liée à la biodiversité. L'Afrique centrale travaille actuellement à la rédaction d'une proposition dans ce domaine, qui n'est pas encore terminée.

Lors de nos discussions, nous avons demandé à ce que le Réseau africain de l'igname révise sa proposition pour y intégrer les opinions exprimées lors de nos débats, pour que la Coraf les porte à l'attention des donateurs. La proposition devra être traitée en collaboration avec nos partenaires, tels que Cio et Iita. Au vu des spécifications des donateurs, nous avons demandé à ce que ces propositions soient faites séparément pour l'Afrique de l'Ouest et pour l'Afrique centrale. Nous avons formé un sous-comité afin de discuter des modalités permettant la révision des propositions. Il m'a été demandé de faire appel à

Jeanne Zoundjihekpon, à la fin de mon rapport d'atelier, pour qu'elle vous présente les travaux de ce sous-comité.

Le groupe a reconnu que dans la région du Pacifique, la collecte des germoplasmes s'effectue déjà, et que des bases de données ont été créées autour des caractéristiques morphologiques. Ces travaux concernent *Dioscorea alata*. Il nous reste encore à tester ces germoplasmes pour leur résistance à l'anthracnose, pour la forme de leurs tubercules, ainsi que pour les conditions de non-tuteurage.

En Amérique latine, l'intérêt se porte sur *Dioscorea trifida*, espèce menacée par les virus. Cette espèce est importante dans cette région. Il faudrait l'observer et évaluer sa résistance aux virus.

Nous avons accepté une recommandation mettant en exergue le besoin d'engagement à long terme de la part des chercheurs en ce qui concerne la collecte des germoplasmes, leur utilisation et leur conservation. Il a également été souligné que les donateurs doivent prendre des engagements à long terme dans le domaine de la collecte et de la conservation.

Nous avons eu des explications claires concernant les progrès nécessaires dans le domaine de la collecte et de la conservation, des pertes et des érosions qui peuvent survenir même après le rassemblement des variétés collectées. Sans engagement à long terme de la part des donateurs, tous nos efforts actuels ne serviront à rien.

Nous avons la chance d'avoir l'intérêt de la Fao pour le Réseau africain de l'igname. Elle est prête à contribuer au financement de certains aspects relatifs à l'igname. La Fao montre un intérêt réel à la circulation d'information auprès des producteurs d'igname

et à la création de bases de données sur les germoplasmes. La Fao a aussi fait part de son vif intérêt pour un projet pilote transférant les technologies résultant des efforts du réseau.

Monsieur le président, me permettez-vous maintenant d'inviter Jeanne Zoundjhekon à nous rejoindre afin qu'elle nous fasse part des résultats des travaux du sous-comité ?

Concernant le premier projet dont a parlé M. Otoo, c'est-à-dire le projet sur les ressources génétiques à collecter et à caractériser en relation avec la domestication et la conservation *in situ*, c'est vrai à l'heure du déjeuner il y a eu une discussion avec nos partenaires. L'UE est intéressée par ce projet qui est un vaste projet mais il y a une échéance dont M. Darthenou, qui représentait l'UE, nous a parlé ici. Il n'est pas possible de finaliser le projet des ressources génétiques et de le présenter à la DG XII donc, nous avons décidé qu'il y aurait 2 projets.

1. Un petit projet qui sera adressé à la DG XII et qui sera probablement rédigé par moi-même avec la collaboration de l'Ilta, du Cirad, de l'Inra et de l'Orstom et, en principe, le premier brouillon de ce projet doit être finalisé pour la fin du mois de juin.

2. Le grand projet concernant les ressources génétiques qui doit être adressé à la DG VIII, sera rédigé par M. Akoroda et M. Orkwor toujours en collaboration avec nos partenaires.

Et, en principe, ces deux projets doivent être transmis par le réseau igname à la Coraf et doivent circuler également entre les différents partenaires.

## **I** Groupe biotechnologies

Nous avons travaillé en ayant l'approche suivante. Nous avons, dans un premier temps, identifié les problèmes qui se posaient à l'igname. Ces problèmes sont de différents ordres, conservation des ressources génétiques, caractérisation des ressources génétiques, problèmes liés aux maladies : l'antrachnose, les nématodes, et les viroses, problèmes liés aux produits, c'est-à-dire la qualité de l'amidon, la qualité des protéines de réserve, les stéroïdes pour les usages médicaux de l'igname et des problèmes de modification du fonctionnement physiologique de la plante avec la stimulation de bulbilles aériens. Quelles sont les réponses que peuvent apporter les biotechnologies ou, autrement dit, quelles sont les aides qu'un ensemble de techniques, appelées biotechnologies, peuvent apporter à ces différents problèmes au sein de programmes intégrés. Nous avons distingué — dans un premier temps —, des outils biotechnologiques qui sont au point, disponibles aujourd'hui, en distinguant, pour chaque outil, le niveau

d'efficacité, le niveau étant mesuré de 0 à 5 ; 5 étant le meilleur niveau et 1 étant un niveau très bas d'efficacité. Nous avons également essayé d'estimer les difficultés de mise en œuvre de ces outils avec des niveaux de difficultés allant également de 0 à 5. Ensuite, nous avons essayé d'identifier, pour chaque outil biotechnologique disponible aujourd'hui, quels étaient les problèmes permettant une amélioration de l'efficacité de ces outils et les problèmes clés pour l'exploitation en laboratoire de ces différentes techniques. Enfin, nous avons essayé, dans un premier temps, de définir des priorités mais nous nous sommes aperçus que c'est extrêmement difficile et nous avons préféré raisonner par le degré d'impact et les retombées de ces recherches en biotechnologies sur le progrès de l'amélioration des cultures, des ignames et quelles sont les limites liées à ces retombées. Nous avons également essayé de définir le niveau de rapidité des retombées attendues pour ces différents outils et pour les divers problèmes.

En ce qui concerne la conservation et la caractérisation des ressources génétiques, qui nous a paru un problème extrêmement important pour lequel le développement des recherches en biotechnologie était prioritaire, nous avons donc classé l'impact au niveau 2, impact à court terme avec une efficacité assez élevée pour la conservation de ces ressources génétiques. Les difficultés sont variables suivant les méthodes employées. Pour la conservation à moyen terme, cela concerne essentiellement les méthodes de culture *in vitro* de plante, le stockage *in vitro*, et pour le long terme la cryoconservation.

En ce qui concerne les maladies, pour l'antrachnose, l'efficacité n'est pas encore très élevée pour le moment, c'est essentiellement dû à un effort de recherches à développer sur les aspects de régénération et sur les aspects d'identification de caractérisation des gènes impliqués dans la résistance à l'antrachnose.

En ce qui concerne les nématodes et les viroses, nous avons distingué 2 niveaux de stratégie, la sanitation et la résistance. La lutte par la sanitation nous est apparue relativement efficace avec l'aide des outils biotechnologiques. Le niveau de difficultés, pour les nématodes et les viroses, est estimé au niveau 2, c'est-à-dire que nous avons estimé que c'était des méthodes assez faciles à exploiter aujourd'hui et les limites à l'utilisation de ces méthodes de sanitation sont essentiellement liées aux problèmes d'amélioration des techniques de régénération de plantes à partir de méristèmes pour les viroses et il n'y a pas de limites particulières pour les nématodes. En ce qui concerne la résistance, la lutte par la résistance génétique aux nématodes et la résistance génétique aux viroses, c'est essentiellement les systèmes de régénération de plantes qui constituent une limite.



**Tableau I.** Atelier de travail sur les biotechnologies appliquées à l'amélioration de l'igname.

Problem to solve	efficiency	difficulty	improvement	key problem	impact	limits
Genetic resources: middle term conservation	5	2	D	laboratory facilities	ST	Manpower
Genetic resources: long term conservation	5	4	BR	laboratory facilities extension, regeneration	ST	Manpower
Genetic resources: characterization	5	2	AR	laboratory facilities extension	ST	equipment
Anthraxis resistance	2	5	BR	gene identification/ isolation, regeneration	MT	gene characterization
Nematod attacks sanitation	5	2	AR	regeneration	ST	
Nematod resistance	2	5	BR	gene identification/ isolation regeneration transformation	LT	
Virus diseases sanitation	4	2	AR	regeneration	ST	regeneration
Virus disease resistance	3	4	BR	regeneration transformation transgene stability	MT	regeneration
Starch quality	4	4	BR	regeneration transformation transgene stability	LT	regeneration
Protein content/ quality	4	5	BR	regeneration transformation transgene stability	LT	regeneration
Steroids	1	5	BR	biochemistry gene identification/isolation regeneration transformation/stability	LT	gene characterization
Aerial bulbils	1	4	BR	gene identification/ isolation regeneration transformation/stability	MT	gene characterization

Efficiency and difficulty: level 1 to 5

Improvement:

AR : applied research needed

BR : basic research needed

D : development/extension of routine work

Impact:

ST : short term impact

MT : medium term impact

LT : long term impact

En ce qui concerne l'amidon, ce sont les aspects de structure de l'amidon que nous avons envisagés, la caractéristique de branchement des chaînes d'hydrates de carbone, la modification de ces branchements par des gènes particuliers, isolés à partir du blé ou de la pomme de terre et qui peuvent modifier la qualité de l'amidon. Ce sont des travaux que nous avons estimés à retombées pratiques à long terme et qui nécessitent, par conséquent, d'importants efforts

de recherche mais peut-être moins prioritaires par rapport au court terme pour la conservation des ressources génétiques.

En ce qui concerne les stéroïdes, c'est le problème d'identification et de caractérisation des gènes qui constitue la ligne principale avec une étude biochimique fondamentale permettant de mieux comprendre les modes de synthèse de ces stéroïdes.

Enfin, pour les bulbilles aériens, c'est également un problème de connaissance de gènes qui va limiter les recherches et ce sont des recherches que nous avons classées à moyen terme, c'est-à-dire dont les résultats peuvent être atteints dans une échéance de cinq à dix années.

## **Groupe antrachnose, ennemis des cultures**

Je ne sais pas si je peux présenter un rapport sur les ennemis des cultures, car nous nous sommes séparés en cours de matinée, mais quelques-uns d'entre nous sont restés préoccupés par les problèmes d'antrachnose.

Je rapporterai donc les quelques idées que l'on a pu émettre sur l'antrachnose et nous en sommes vraiment au stade du constat d'idées. Je pense que ce qu'il faut préciser d'abord, c'est que l'antrachnose est un problème mondial et urgent sur *D. alata*. En Afrique, c'est apparemment en Côte d'Ivoire que *D. alata* est plus cultivée et qu'il existe des problèmes d'antrachnose, car c'est le cultivar Florido qui est cultivé et il est connu pour ne pas être particulièrement résistant.

Les *D. alata* sont très cultivées dans toute la zone d'Amérique du Sud et des Caraïbes et le problème d'antrachnose est donc urgent. Nous ne pouvons pas attendre les résultats d'une création variétale pour résoudre ce problème, d'ailleurs la création variétale sera une solution parmi d'autres. Nous avons donc pensé que puisqu'il y avait parmi nous des épidémiologistes : J. PETERS, de l'université de Reading, et Dr L. KENYON, pathologiste, il serait bon d'accompagner les variétés actuellement en diffusion mais qui sont un peu fragiles à l'antrachnose par des moyens de lutte qui permettraient de contrôler la maladie. En particulier, nous n'avons pas de connaissance sur les réservoirs d'inoculum. Nous avons donc dégagé quelques points intéressants à étudier et nous avons décidé de nous retrouver pour en discuter plus longuement. Les intéressés sont donc les deux pathologistes que je viens de citer qui viennent d'Angleterre, de Côte d'Ivoire en la personne de M. Zohouri, du Mali, je crois, en la personne de Mme Sanou et nous mêmes, qui venons de Guadeloupe.

## **Groupe post-récolte et transformation**

Beaucoup d'idées ont émergé de ce groupe et certains groupes continuent à travailler dans d'autres salles pour monter des projets. Plusieurs idées ont été

développées à partir des propositions faites hier après-midi, et 5 projets ont été dégagés, certains sont beaucoup plus avancés, je vous les livre rapidement.

Un premier projet viserait à adapter la qualité des ignames fraîches au cours de la conservation, et ce en fonction des attentes du marché. Nous avons rapidement étudié de quels types de compétences nous avons besoin, nous avons vu que le premier problème était justement de partir des attentes du marché et que le besoin de compétences est en analyse socioéconomique de ce marché, prenant en compte aussi bien les facteurs culturels et économiques que sociologiques de la demande, et de pouvoir compléter ce travail par des analyses sensorielles. Nous avons vu que adapter la qualité au cours de la conservation rend nécessaire des compétences en technologie alimentaire, notamment quand l'optimisation des procédés est envisagée, et là des compétences à la fois en génie des procédés et en sciences des aliments sont nécessaires. Enfin, on a souligné très clairement qu'il ne fallait pas parler d'igname au singulier, mais bien d'ignames au pluriel et ce pluriel signifiait à la fois distinguer différentes variétés, différents cultivars, mais distinguer également, au sein d'un même cultivar, des ignames en fonction des conditions de culture et des périodes de récolte, ce qui complique une analyse et qui rend absolument nécessaire les compétences d'agronomes.

Un deuxième projet est en fait du même type et il n'est pas impossible qu'il fusionne avec le premier. Il concernerait la même question de l'adaptation de la qualité, mais cette fois-ci non pas pour les ignames fraîches mais pour les produits transformés à base d'ignames, toujours en fonction des attentes du marché, donc avec les mêmes types de compétence et les mêmes types de démarche que je viens d'expliquer pour le précédent, avec sans doute en plus des compétences en nutrition nécessaires, en particulier, si l'on s'intéresse à tout ce qui est alimentation infantile. Ces deux premiers projets s'intègrent dans un cadre plus large de projet de recherche-développement dans le domaine du post-récolte, mais avec une composante recherche et nous n'avons pas été du tout insensibles au fait que le dépôt des propositions Inco se fait le 11 septembre. C'est pour cela qu'une partie de nos collègues est déjà en train de commencer à travailler.

Les deux projets suivants relèvent des deux mêmes thèmes précédents, mais ils ont plus une composante d'étude et d'expérimentation, de diffusion de systèmes techniques. Pour le premier, les systèmes techniques de production rurale de cossettes séchées qu'on a vu se développer de façon spectaculaire au Bénin et au sud-ouest du Nigeria et des produits dérivés de ces cossettes, c'est-à-dire la farine sèche et tous les produits dérivés de cette farine sèche. Donc, l'idée est plus un projet pour étudier à quelles condi-

tions ce système technique et ce type de produit peuvent se diffuser en dehors de leur zone d'origine, ce qui veut dire là encore travailler sur un diagnostic de filière pour vérifier si les conditions minimales requises pour la diffusion de ce procédé et de ce produit sont réunies dans le pays, et ensuite faire une expérimentation de cette diffusion en privilégiant des transferts directs de savoir-faire entre opérateurs économiques, c'est-à-dire entre producteurs, entre transformateurs, entre commerçants, entre restauratrices.

Le quatrième projet se rattache au premier, c'est un peu le même type de démarche, étudier les conditions d'une diffusion et expérimenter cette diffusion, mais pour les techniques améliorées de conservation des ignames en frais. Donc, là encore, analyse économique des conditions pratiques de mise en œuvre des résultats des recherches menées, notamment en Côte d'Ivoire, et étude de la rentabilité de ces techniques, après un travail d'organisation, sous réserve que le diagnostic donne de bons résultats pour une diffusion.

Un cinquième projet, un peu différent, et qui a été proposé par les partenaires latino-américains qui étaient présents, auraient pour objectif de valoriser les propriétés fonctionnelles de l'amidon d'ignames. Des travaux ont été lancés dans certains pays d'Amérique latine et un projet visant à mettre en œuvre les acquis pourrait voir le jour, ce qui voudra dire : identifier les marchés, il s'agit essentiellement de marchés à l'exportation, optimiser les procédés d'extraction et mieux comprendre quelles sont ces caractéristiques et comment mieux les valoriser et étudier la faisabilité économique.

A la suite de cela, nous nous sommes rendu compte que si certains projets pouvaient être appliqués plus spécifiquement à certains pays, et d'autres à d'autres pays, il y avait peut-être quelque chose de commun sur lequel nous avons beaucoup insisté, c'est la nécessité d'avoir au moins en commun une démarche de recherche dans laquelle nous avons souligné les 3 points suivants.

Tout d'abord, la nécessité absolue d'avoir une approche pluridisciplinaire des problèmes de post-récolte de l'igname, ce qui rend nécessaire d'avoir une approche sociologique et économique de la consommation, de l'analyse sensorielle, de la technologie alimentaire, de la nutrition et de l'agronomie. Je crois que c'est important de souligner ce dernier point, il ne s'agit pas du tout de faire des projets entre technologues ou entre responsables de ce qui se passe après la récolte, mais de bien intégrer les agronomes dans ce type de projet puisque nous avons bien vu, au travers des différents exposés de la semaine, que les variations de valeur nutritionnelle comme les variations de comportement à la conservation étaient notamment dues aux conditions de culture, au type de variétés, etc.

Le deuxième point est une démarche qui part des attentes de marché et qui identifie les contraintes tout au long de la filière de la consommation jusqu'à la production, donc pas exclusivement sur les attentes des consommateurs, bien qu'elle parte de là, mais également en regardant ce qui se passe tout au long de la filière.

Enfin, une démarche qui associe les opérateurs économiques de la filière dès le démarrage. Il ne faut donc pas considérer les transformateurs, les consommateurs, les restaurateurs ou les industriels comme des bénéficiaires potentiels des recherches mais comme de véritables partenaires dès le départ.

A la fin de la matinée, nous avons souligné le besoin de maintenir l'échange au travers de ce séminaire entre les chercheurs. Nous avons vu l'intérêt et la nécessité de maintenir les échanges entre disciplines, de maintenir les échanges entre les pays, et de maintenir ou de développer les échanges entre continents. Créer un réseau du post récolte de l'igname a été exclu, il ne s'agit pas de chercher forcément à institutionnaliser ou à formaliser le réseau mais plutôt d'essayer d'utiliser les réseaux existants. L'International Root and Tuber Society, le réseau africain des chercheurs sur l'igname, la Coraf, ont été cités et nos partenaires latino-américains nous ont signalé qu'ils mettent en place actuellement un réseau latino-américain sur racines et tubercules, dont la question de l'élargissement aux Caraïbes a été posée et pourra continuer à être discutée.

## **Groupe systèmes de production**

Le dernier groupe devait se charger des systèmes de culture, d'intensification, de durabilité, de mécanisation, etc. Après de longs débats, ce groupe s'est divisé en deux sous-groupes dans un premier temps, dont l'un a abordé les problèmes liés à l'intensification et le deuxième les problèmes liés à la physiologie. Puis, les deux groupes se sont rejoints pour faire une synthèse que je vais vous présenter.

Nous avons donc identifié un titre fédérateur « Optimisation de la production de l'igname : choix de systèmes de cultures durables ». Bien sûr, avant d'aboutir à tout cela, nous avons identifié quelques problèmes, dont 3 principaux :

- la faible productivité de la plante ;
- la mauvaise gestion de la fertilité des sols ;
- l'insuffisance qualitative et quantitative des semences.

Nous avons alors défini les objectifs que nous devons atteindre dans le cadre de ce projet fédérateur.

Ce sont les objectifs suivants :

- optimiser la productivité de la plante ;
- identifier, optimiser et gérer les facteurs liés à la production de semences ;
- optimiser le rendement.

Pour ce faire, nous avons identifié 3 thèmes.

Le tout premier est la définition d'un idéotype d'igname à rendement maximum et, à l'intérieur de ce thème, nous allons fouiller de nombreux aspects, la structure et la dynamique de la partie aérienne, la capacité des organes de réserve, les inter-relations entre les parties aériennes et les organes de réserve, et enfin l'application chez le producteur.

Le deuxième thème est intitulé « Identification, optimisation et gestion des facteurs liés à la production de semences ». Nous avons abordé la maîtrise des techniques de production de semences, donc, par les voies pratiques et/ou biotechnologiques. Un choix raisonné de variétés bien sûr en liaison avec les généticiens-sélectionneurs, sélection sanitaire, donc certification et circulation des semences.

Le troisième thème concerne « La gestion des itinéraires techniques ». On abordera dans ce thème les différents types de la préparation, les amendements (dont la matière organique) et la fertilisation minérale, les rotations culturales et la mécanisation. Nous avons laissé cela ouvert selon les spécificités des régions.

Après cela, nous avons essayé d'identifier les partenaires qui peuvent coopérer mais la liste n'est pas exhaustive. Nous avons d'abord notifié que, pour aborder efficacement ce thème, il faut que l'on implique les compétences du Sud et du Nord à la fois. Pour le Sud, bien sûr, les systèmes nationaux de recherche et parmi ces systèmes nationaux, quelques pays ont été identifiés, le Bénin, représenté par l'Inrab et l'Ul, le Gabon par l'Irt et l'Iraf, le Burkina Faso par l'Inera.

Les institutions sont l'Orstom, le Cirad, l'Inra, et bien sûr la Coraf. Donc il y a des représentants de 16 institutions recensées qui figurent sur la liste distribuée.

# Liste des participants





J. BERTHAUD, N. BRICAS,  
J.-L. MARCHAND (Eds), 1998.  
L'igname, plante séculaire et culture d'avenir.  
Actes du séminaire international  
Cirad-Inra-Orstom-Coraf.  
3-6 juin 1997, Montpellier, France.

ADANGUIDI Jean  
Universität Hohenheim  
Institut 490D  
70593 Stuttgart  
Allemagne  
tél. : 49 711 459 36 58  
fax : 49 711 459 38 64  
biersche@uni-hohenheim.de

ADEOSSI Moïse  
Sté Adeossi et Fils  
04 BP 270  
Cotonou  
Bénin  
tél. : 229 30 06 25/30 18 30  
fax : 229 30 15 40

AGBAGLA Ahoefa Nathalie  
Inra  
SRNH-Theix  
63122 St Genès Champanelle  
France  
tél. : 04 73 62 40 00  
fax : 04 73 62 42 73  
agbagla@clermont.inra.fr

AKE ASSI Laurent  
Centre national de floristique  
22 BP 582  
Abidjan 22  
Côte d'Ivoire  
tél. : 225 44 86 14  
fax : 225 44 46 88

AKORODA M.O.  
Agronomy Department  
University of Ibadan  
Ibadan  
Nigeria  
tél. : 234 241 26 26  
iita@cgnet.com

ANO Georges  
Inra-ur pv  
BP 515  
97165 Pointe-à-Pitre Cedex  
Guadeloupe  
tél. : 590 25 59 82  
fax : 590 94 11 72  
ano@antilles.inra.fr

ARNOLIN Richard  
Inra-Ur pv  
BP 515  
97165 Pointe-à-Pitre Cedex  
Guadeloupe  
tél. : 590 25 59 14  
fax : 590 94 11 72  
arnolin@antilles.inra.fr

ATTAIE Hila  
ETH  
Auf Der Mauer 19  
8001 Zurich  
Suisse  
tél. : 4 16 32 32 93  
fax : 41 6 32 11 56  
attaie@agrl.ethz.ch

BAJIKILE Matala René  
Ensia/Siarc  
BP 5098  
34033 Montpellier Cedex 1  
France

BALOUGOUN Benjamin  
s/c J.-P. COURCHINOX  
Ppab  
BP 496  
Cotonou  
Bénin  
fax : 229 31 17 47  
jpc@syfed.bj.refer.org

BELEM Jérôme  
Cnrst-Inera  
03 BP 7192  
Ouagadougou  
Burkina Faso  
tél. : 226 34 02 69  
fax : 226 34 02 71/31 92 02 ou 08  
b-jerome@craf.inera.bf

BELL Albert  
GTZ  
Postfach 5180  
65726 Eschborn  
Allemagne  
tél. : 49 61 96 79 32 94  
fax : 49 61 96 79 63 02  
albert.bell@gtz.de

BERTHAUD Julien  
Orstom  
BP 5045  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 41 61 65  
fax : 04 67 54 78 00  
berthaud@orstom.rio.net

BOCCON-GIBOD Jacques  
Ensh-Enithp  
Département des sciences biologiques  
2, rue Lenôtre  
49045 Angers Cedex 01  
France  
tél. : 02 41 22 54 24  
fax : 02 41 22 54 78/73 15 57  
bocgib@angers.inra.fr

BOGUNJOKO Teju  
Cadbury Nigeria,  
PLC  
Lateef Jankande Road  
Agidingbi, Ikeja  
Lagos  
Nigeria  
tél. : 234 49 61 546  
fax : 234 14 96 15 04 ou 12 64 55 90  
teju.bogunjoko@cadnigeria.sprint.com

BOUACOU Raoul  
Conseil coutumier du territoire de la  
Nouvelle-Calédonie  
BP 4257  
68, avenue James Cook Nouville  
98847 Nouméa  
tél. : 687 24 20 00  
fax : 687 24 20 93

BOURDEL Christian  
Cirad-amis  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 71 70  
fax : 04 67 61 12 23  
bourdel@cirad.fr

BOUSALEM Mustapha  
Orstom/Lprg  
BP 5045  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 56 16  
fax : 04 67 54 78 00  
bousalem@orstom.fr

BRICAS Nicolas  
Cirad-amis  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 57 12  
fax : 04 67 61 12 23  
bricas@cirad.fr

CAMARA Fadjimba  
Irag  
Station de Bordo  
BP 352  
Kankan  
République de Guinée  
tél. : 224 41 10 62  
fax : 224 41 57 58  
rag@meaf.org.gn  
(attention de F. Camara)

CANNING Edward  
NRI  
University of Greenwich  
Central Avenue  
Chatham Maritime, Kent ME4 4TB  
Grande-Bretagne  
tél. : 44 16 34 88 30 77  
fax : 44 16 34 88 00 66  
ed.canning@nri.or

CEREDA PASCOLI Marney  
CERAT/UNESP  
Cx Postal 237  
CEP 18603-970  
Botucatu SP  
Brésil  
tél. : 55 14 821 38 83  
fax : 55 14 821 34 38  
cereda@laser.com.br

CHABROL Didier  
Agropolis Muséum  
Avenue Agropolis  
34032 Montpellier Cedex 1

CHRISTON R.  
Inra/Crag  
Unité de recherche zootechnique  
Domaine de Duclos  
BP 515  
97165 Pointe-à-Pitre Cedex  
Guadeloupe  
tél. : 590 25 59 33  
fax : 590 25 59 36/59 08 29 799  
christon@antilles.inra.fr

DAINOU Ogoubi  
Fast  
04 BP 320  
Cadjeoun  
Cotonou  
Bénin

DANSI Alexandre  
IITA  
08 BP 932  
Cotonou tri postal  
Bénin  
tél. : 229 35 01 88  
fax : 229 35 05 56  
iita.benin@cgnet.com

DARTHENUQ Alain  
Commission européenne  
Direction générale XII  
200 rue de la Loi  
B-1049 Bruxelles  
Belgique  
tél. : 32 22 95 36 98  
fax : 32 22 96 62 52  
alain.darthenucq@dg12.cec.be

DEAT Michel  
BP 5035  
Cirad-ca  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 44 56  
fax : 04 67 61 56 32  
deat@cirad.fr

DEGRAS Lucien  
Hauteur lézarde  
97170 Petit Bourg  
Guadeloupe  
tél. : 590 94 21 39  
fax : 590 25 59 24 s/c inra

DJELASSILI François  
Irt  
BP 14070  
Libreville  
Gabon  
fax : 241 73 30 35

DOSSOU A. Romuald  
Alinhowou  
Inrab (Cra-Ina)  
BP 03  
N'dali  
Bénin  
tél. : 229 30 02 64  
fax : 229 30 07 36

DOUMBIA Sekou  
Idessa  
BP 633  
Bouaké 01  
Côte d'Ivoire  
tél. : 225 63 31 26/63 31 39  
fax : 225 63 31 26

DOUNIAS Edmond  
Orstom  
BP 1857  
Yaoundé  
Cameroun  
tél. : 237 20 59 03/20 95 02  
fax : 237 20 59 03/20 95 02  
edounias@sdncmr.undp.org

DUBERN Jean  
Orstom  
BP 5045  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 84 86 80  
fax : 04 67 84 86 80  
dubern@braini1.ie-eg

DUMONT Roland  
Résidence La Rhonelle, porte B  
56, boulevard Watteau  
59300 Valenciennes  
France  
tél. : 03 27 36 03 95

FARAH Zakaria  
Eth, Institut des sciences alimentaires  
Auf Der Mauer 19  
8001 Zurich  
Suisse  
tél. : 41 632 53 73  
fax : 41 632 11 56

FARANT Marceau  
Inra  
Domaine expérimental de Godet  
BP 13  
97131 Petit Canal  
Guadeloupe  
tél. : 590 22 78 48  
fax : 590 22 67 41  
farant@antilles.inra.fr

FARGETTE Denis  
Orstom/Lprc  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 71 02  
fax : 04 67 61 58 88

GIRARDIN Olivier  
Eth-Csrs  
BP 1303  
01 Abidjan  
Côte d'Ivoire  
tél. : 225 45 52 58  
fax : 225 45 12 11  
girardin@csrs.csrs.ci

GRIFFON Dany  
Cirad-amis  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 57 07  
fax : 04 67 61 44 55  
griffo.d@cirad.fr

GROSSMAN Victoria  
Universidade Londrina  
UEL-Dpto TAM  
CP 6001  
86051-970 Londrina-PR  
Brésil  
tél. : 554 33 71 45 65  
fax : 554 33 71 40 79  
victoria@npd.uel.br

HAHN S.K.  
FAO  
s/c Monsieur W. Baudoin  
Plant Production and Protection  
Via Delle Terme di Caracalla  
00100 Rome  
Italie  
tél. : 39 6 52 25 46 58  
fax : 39 6 52 25 63 47  
wilfried.baudoin@fao.org

HAINNAUX Guy  
Orstom  
BP 5045  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 41 61 00  
fax : 04 67 54 78 00

HAMEL Philippe  
Cirad  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 44 38  
fax : 04 67 61 12 23  
hamel@cirad.fr

HAMON Perla  
Université Paul Valéry  
Montpellier III  
BP 5043  
34032 Montpellier Cedex 1  
France



HEBERT Jean-Paul  
Ensia-Siarc  
BP 5098  
4033 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 70 51  
fax : 04 67 61 12 23  
hebert.jp@cirad.fr

HENRY Guy  
Cirad-amis  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 65 89  
fax : 04 67 61 12 23  
henry.g@cirad.fr

HLADIK Annette  
Cnrs  
Laboratoire d'écologie générale  
4, avenue du petit château  
91800 Brunoy  
France  
tél. : 01 60 47 92 06  
fax : 01 60 46 57 19

HOUNHOUIGAN Joseph  
Fsa/Unb  
01 BP 526  
Cotonou  
Bénin  
tél. : 229 36 00 74  
fax : 229 30 02 76  
hounjos@syfed.bj.refer.org

JACQUA Catherine  
Ensia/Siarc  
BP 5098  
34033 Montpellier Cedex 1  
France

KAAN François  
Inra  
UR GAP  
2, Place Viala  
34060 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 22 33  
fax : 04 67 04 54 15  
kaan@ensam.inra.fr

KAFARA Jean-Marie  
Icra  
BP122  
Bangui-Lakouanka  
RCA  
tél. : 236 61 62 75  
fax : 236 61 73 41

KAHL Günter  
Johann Wolfgang  
Goethe-Universität  
Biozentrum  
Marie Curie Str. 9 IN 200  
60439 Frankfurt am Main  
Allemagne  
tél. : 49 69 79 82 92 66/67  
fax : 49 69 79 82 92 68  
kahl@em.uni.frankfurt.d.400.de

KENYON Lawrence  
NRI  
University of Greenwich  
Central Avenue  
Chatham Maritime, Kent ME4 4 TB  
Grande-Bretagne  
tél. : 44 16 34 88 36 34  
fax : 44 16 34 88 00 66/77  
lawrence.kenyon@nri.org

LEBOT Vincent  
Cirad-ca  
Centre de recherche Nord  
BP 6  
98825 Pouembout  
Nouvelle-Calédonie  
tél. : 687 35 59 00  
fax : 687 35 59 89  
lebot@nord-cirad.nc

LEIHNER Dietrich  
Universität Hohenheim  
Institut 490  
70593 Stuttgart  
Allemagne  
tél. : 49 711 459 24 38  
fax : 49 711 459 23 04  
inst380@uni-hohenheim.de

MABANZA Joseph  
Dgrst  
BP 2499  
Brazzaville  
Congo  
tél. : 242 81 15 25  
fax : 242 81 35 20

MADEMBO Célestin  
Agricongo  
BP 14574  
Brazzaville  
Congo  
tél. : 242 83 69 96  
fax : 242 83 78 74

MALAUURIE Bernard  
Orstom  
BP 5045  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 41 61 83  
fax : 04 67 54 78 00  
malaurie@mpl.orstom.fr

MANTELL Sinclair H.  
Wye College  
UAPS Biological Sciences  
Wye Ashford  
Kent-TN255AH  
Grande-Bretagne  
tél. : 44 12 33 81 24 01  
fax : 44 12 33 81 30 17  
s.mantell@wye.ac.uk

MARCHAND Jean-Leu  
Cirad-ca  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 59 70  
fax : 04 67 61 71 60  
marchand@cirad.fr

MBAILAO KEMDINGAO Laomaïkein  
Drta/Mdr  
BP 441  
N'Djamena, Tchad  
tél. : 235 53 30 23  
fax : 235 52 51 19

MBAYE Alain  
Isra-Niayes  
BP 3120  
Dakar, Sénégal  
tél. : 221 35 06 10  
fax : 221 35 06 10  
corafrcm@sonatel.senet.net

MBAYE Ndiaga  
Coraf  
BP 8237  
Dakar-Yoff  
Sénégal  
tél. : 221 8 25 55 69  
fax : 221 8 25 55 69  
secoraf@sonatel.senet.net

MEOT Jean-Michel  
Cirad-amis  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 57 15  
fax : 04 67 61 12 23  
meot@cirad.fr

MESTRES Christian  
Cirad-ca  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 44 40  
fax : 04 67 61 44 44  
mestres@cirad.fr

MIATEO Sébastien  
Ceraag-Dgrst  
BP 2499  
Brazzaville  
Congo  
tél. : 242 81 15 25  
fax : 242 81 35 20

MIENAHATA Zéphirin  
s/c Agricongo  
BP 14574  
Brazzaville, Congo  
tél. : 242 83 69 96  
fax : 242 83 78 74

MITCHIKPE Evariste  
Fsa/Unb  
01 BP 526  
Cotonou, Bénin  
tél. : 229 30 24 48

MOULOOUNGUI Zéphirin  
Inp/Ensct  
118, route de Narbonne  
31077 Toulouse Cedex 4  
France  
tél. : 05 61 17 57 27  
fax : 05 61 17 57 30  
icatatar@cict.fr

Mc KEY Doyle  
Ustl  
Case courrier 064  
Place Eugène Bataillon  
34095 Montpellier Cedex 5  
France

N'KPENU Kwami Etoudo  
Incv  
BP 2318  
Lomé, Togo  
tél. : 228 25 00 43  
fax : 228 25 15 59

NGEVE MBUA Jacob  
Irad  
BP 2123  
Yaoundé  
Cameroun  
tél. : 237 23 74 37  
fax : 237 23 74 34  
iita-hfs@cgnet.com (attention de M. Ngeve Mbua)

NINDJIN Charlemagne  
Fast-Csrs  
01 BP 1303  
Abidjan 01  
Côte d'Ivoire  
tél. : 225 45 52 58  
fax : 225 45 12 11

NOLTE Christian  
lita-Hfs  
BP 2008  
(Messa), Yaoundé  
Cameroun  
tél. : 237 23 74 34 ou 75 22  
fax : 237. 23 74 37  
c.nolte@cgnet.com

NWALOZIE Marcel  
Coraf  
BP 8237  
Dakar-Yoff  
Sénégal  
tél. : 221 25 96 18  
fax : 221 25 55 69  
secoraf@sonatel.senet.net

OLOWUDE Samuel  
IFAD  
107 via del serafico  
00142 Rome  
Italie  
tél. : 39 6 54 59 20 12

ONANGA Maurice  
Dgrst-coraf  
BP 2499  
Brazzaville  
Congo  
tél. : 242 81 06 07  
fax : 242 83 13 37

ORKWOR Gabriel C.  
NRCRI, Umudike  
Umuahia  
Nigeria  
tél. : 234 874 177 22 76  
fax : 234 874 177 22 76  
r.asiedu@cgnet.com  
(attention de G. Orkwor)

OTOO John A.  
CRI  
PO Box 3785  
Kumasi  
Ghana  
tél. : 233 51 603 89  
fax : 233 51 601 42  
criggdp@ncs.com.gh

OUATTARA Tiémoko  
s/c M. Subreville  
Cirad  
01 BP 1465  
Bouaké 01  
Côte d'Ivoire  
tél. : 225 63 68 46

PAITA Gabriel  
Conseil coutumier  
du territoire  
de la Nouvelle-Calédonie  
BP 4257  
68, avenue James Cook Nouville  
Nouméa  
Nouvelle-Calédonie  
tél. : 687 24 20 00  
fax : 687 24 20 93

PERROT Claude-Hélène  
Université Paris 1  
37, rue Damesne  
75013 PARIS  
France

PETERS Jeff  
University of Reading  
Departement  
of Agriculture  
Early Gate  
PO Box 236  
Reading, RG6 6AT  
Grande-Bretagne  
tél. : 44 118 987 51 23  
fax : 44 118 935 24 21  
j.c.peters@reading.ac.uk

PIERRE Franciane  
Inra  
Petit Bourg  
Guadeloupe  
tél. : 5 90 25 59 82/45  
fax : 5 90 94 11 72  
pierre@antilles.inra.fr

POLTI Dominique  
Cirad-ca  
BP 5035  
34032 Montpellier Cedex 1  
France  
tél. : 04 97 61 65 49  
fax : 04 67 61 71 60  
polti@cirad.fr

QUENEHERVE Patrick  
Orstom  
BP 8006  
97259 Fort-de-France  
Martinique  
tél. : 05 96 64 57 50  
fax : 05 96 71 73 16  
queneher@nema2.orstom.fr

RAMSER Juliane  
Biozentrum  
Johann Wolfgang  
Goethe-University  
Marie Curie Str. 9 IN200  
60439 Frankfurt am Main  
Allemagne  
tél. : 49 69 798 292 66  
fax : 49 69 798 292 68  
ramser@em.uni-frankfurt.de

RAVENEAU Marie-Paule  
Ecole supérieure  
d'agriculture  
55, rue Rabelais  
49007 Angers  
tél. : 02 41 23 55 55  
fax : 02 41 23 55 65

RIBIER Danièle  
Réseau TPA

ROMPF Roger  
Biozentrum  
Johann Wolfgang  
Goethe-University  
Marie Curie Str. 9 IN200  
60439 Frankfurt am Main  
Allemagne  
tél. : 49 69 798 292 66  
fax : 49 69 798 292 68  
r.rompf@cellbiology.uni-frankfurt.de

RUALES Jenny  
ITT/Escuela  
Politécnica Nacional  
PO Box 17 01 2759  
Quito  
Equateur  
tél. : 593 2507 138  
fax : 593 2507 142  
jruales@pi.pro.ec

SANOU Haby  
Ier  
BP 258  
Bamako  
Mali  
tél. : 223 22 26 06  
fax : 223 22 37 75

STESSENS Johan  
Université de Louvain  
Idessa  
01 BP 635  
Bouaké 01  
Côte d'Ivoire  
tél. : 225 63 76 88  
fax : 225 63 76 88  
stessens@abidjan.orstom.ci

TERAUCHI Ryohei  
Biozentrum  
Johann Wolfgang  
Goethe-University  
Marie Curie Str. 9 IN200  
60439 Frankfurt am Main  
Allemagne  
tél. : 49 69 798 292 66  
fax : 49 69 798 292 68  
terauchi@em.uni-frankfurt.de

TOE Marie-Dominique  
Association Djigui  
s/c J. Dubernard  
Cirad  
01 BP 596  
Ouagadougou 01, Burkina  
tél. : 226 30 70 70  
fax : 226 30 76 17  
dubernard@oua-cirad.cirad.bf

TOLLENS Eric  
Université catholique  
de Louvain  
Av. Cardinal Mercier 92  
3001 Louvain, Belgique  
tél. : 32 16 32 16 16  
fax : 32 16 32 19 96  
eric.tollens@agr.kulemen.ac.be

TOSTAIN Serge  
Orstom  
04 BP 0320  
Cadjéhoun  
Cotonou, Bénin  
tél. : 229 30 57 42  
fax : 229 30 10 24  
tostain@syfed.bj.refer.org

TRECHE Serge  
Orstom  
BP 5045  
34032 Montpellier Cedex 1, France  
tél. : 04 67 41 62 95  
fax : 04 67 54 78 00  
treche@mpl.orstom.fr

TROUSLOT Marie-France  
Orstom  
BP 5045  
34032 Montpellier Cedex 1, France

URBINO Cica  
Grisp Antilles Guyane  
BP 515  
Domaine Duclos  
97165 Pointe-à-Pitre  
Guadeloupe  
tél. : 5 90 25 59 84  
fax : 5 90 25 59 85  
urbino@antilles.inra.fr

VAILLANT Victor  
Inra-Ur pv  
BP 515  
97165 Pointe-à-Pitre  
Guadeloupe  
tél. : 5 90 25 59 11  
fax : 5 90 25 59 36  
victor.vaillant@antilles.inra.fr

VERNIER Philippe  
Cirad-ca  
IITA  
08 BP 0932  
Cotonou tri postal  
Bénin  
tél. : 229 35 01 88  
fax : 229 35 05 56  
vernier@syfed.bj.refer.org  
ou vernier@cirad.fr

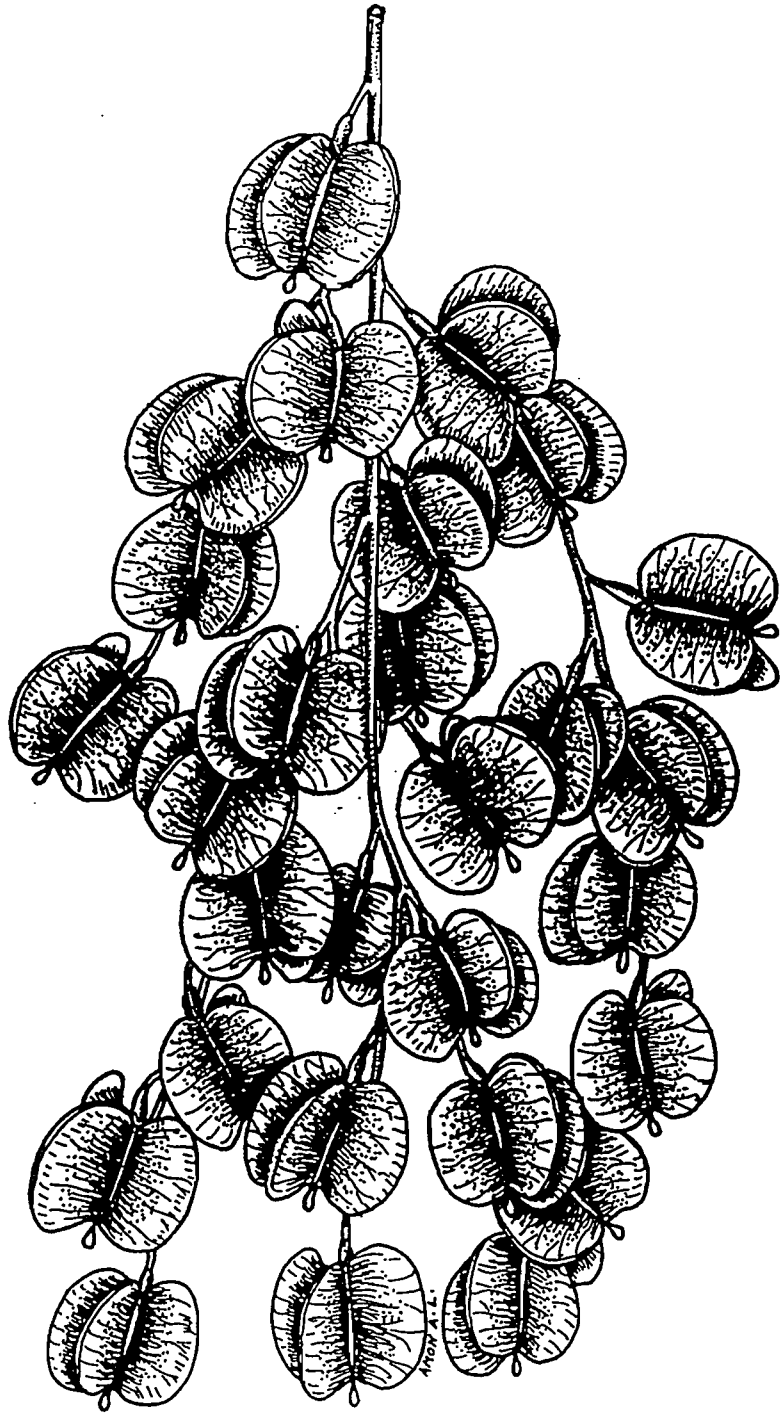
WESTBY Andrew  
NRI  
University of Greenwich  
Central Avenue  
Chatham Maritime, Kent ME4 4TB  
Grande-Bretagne  
tél. : 44 16 34 88 34 78  
fax : 44 16 34 88 00 66/77  
andrew.westby@nri.org

ZAKHIA-ROZIS Nadine  
Cirad-amis  
BP 5035  
34032 Montpellier  
Cedex 1  
France  
tél. : 04 67 61 57 16  
fax : 04 67 61 12 23  
zakhia@cirad.fr

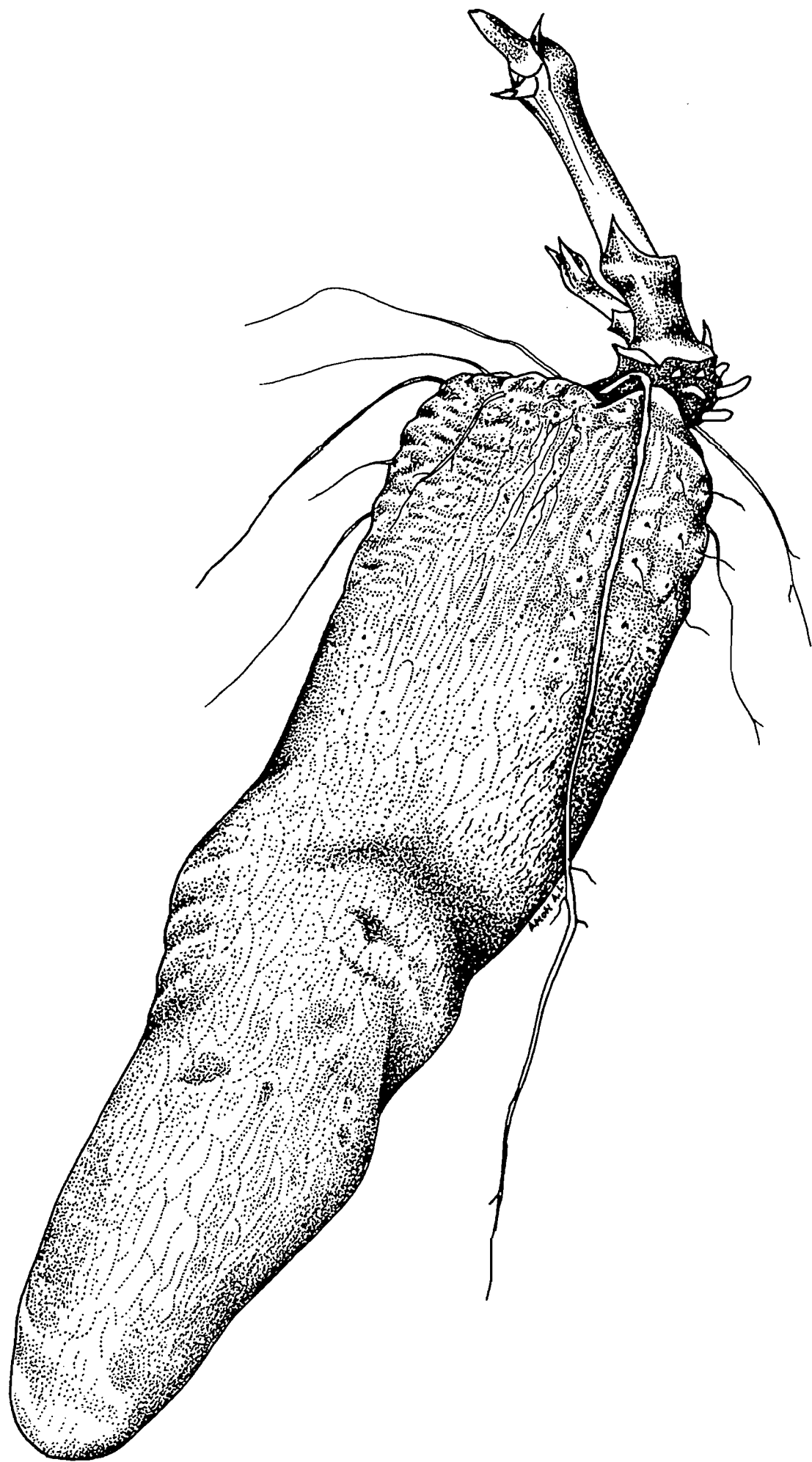
ZIN5OU Claude  
Université Antilles Guyane  
54, avenue du Général de Gaulle  
Le Gosier  
Guadeloupe  
tél. : 5 90 93 87 18/84 17 88  
fax : 5 90 84 17 55  
claud.zinsou@univ-ag.fr

ZOHOURI Goli Pierre  
Idessa  
01 BP 633  
01 Bouaké  
Côte d'Ivoire  
tél. : 225 63 31 26/63 31 39  
fax : 225 63 31 26

ZOUNDJIHEKPON Jeanne  
WWF  
08 BP 1776  
Abidjan 08  
Côte d'Ivoire  
tél. : 225 44 87 86  
fax : 225 44 87 74




*Dioscorea cayenensis*



*Dioscorea cayenensis*





## L'igname, plante séculaire et culture d'avenir

L'igname est une plante et un produit dont l'importance dans l'agriculture et l'alimentation est considérable dans de nombreux pays. Sa production avoisine 30 millions de tonnes par an. Les pays africains constituent les plus importants producteurs et consommateurs, mais l'igname est aussi présente en Océanie et en Amérique latine. Bénéficiant, dans ces sociétés, d'un fort ancrage culturel, ce tubercule apparaît porteur d'avenir. Ses rythmes de croissance de production et de consommation sont élevés et ses systèmes de culture et de transformation évoluent et innovent. L'igname reste cependant une plante peu étudiée par les organismes de recherche. C'est pourquoi la Coraf et les équipes Cio (Cirad-Inra-Orstom) ont décidé de coordonner leurs efforts pour définir une stratégie de recherche-développement sur cette plante.

Pour cela, ils ont organisé un séminaire international sur l'igname qui avait pour objectifs :

- faire le point sur les acquis et les lacunes de la recherche sur l'igname en particulier en Afrique ;
- identifier des pistes de recherche-développement au vu des contraintes que rencontrent les opérateurs de cette filière face aux nouveaux enjeux ;
- promouvoir des projets coopératifs entre diverses institutions de recherche.

Le séminaire a rassemblé plus de cent-dix personnes, en majorité d'Afrique et d'Europe, mais aussi d'Amérique latine, des Caraïbes et de la zone pacifique.

Une large place a été faite aux représentants des institutions de recherche agricole africaines qui ont présenté les recherches sur l'igname dans leurs pays. De plus, des représentants de producteurs, de commerçants et de transformateurs artisanaux et industriels étaient invités afin de contribuer aux orientations des travaux de recherche. Une trentaine de synthèses sur différents thèmes (les sociétés de l'igname, la plante, le milieu, le produit) ont été présentées.

## Yam, old plant and crop for the future

Yam is a key plant for the agriculture and nutrition of many countries. Yam production is about 30 million t/year. African countries are the main producers and consumers. Nevertheless, this tuber crop is also present in the South Pacific area and in Latin America. Deeply rooted in the cultural patterns of these societies, it also appears as a crop for the future. Yam production and consumption are increasing rapidly, and new cropping and processing techniques are being developed.

However, research organisations have but little worked on yam. This is why CORAF and CIO teams (CIRAD-INRA-ORSTOM) have decided to jointly define an research and development strategy for this plant.

To support their project, they organized an international workshop on yam with the following objectives:

- to summarize research results that have been obtained on yam, and identify areas that need further research, particularly in Africa;
- to identify research and development potentials stemming from the difficulties the subsector's players are facing to meet the new challenges;
- to promote joint projects between different research organisations.

More than 110 participants mainly from Africa and Europe, and also from Latin America, the Caribbean and the Pacific Rim, attended the workshop. African agricultural research institutions' representatives seized this upmost opportunity to describe the research works undertaken on yam in their countries. Furthermore producers', and traders' representatives and also industry and small-scale processors' representatives were guests at the event, to contribute to research works' orientation. Thirty presentations were made on different topics, i.e. yam-based societies, yam as a plant, its environment, and yam as a product.